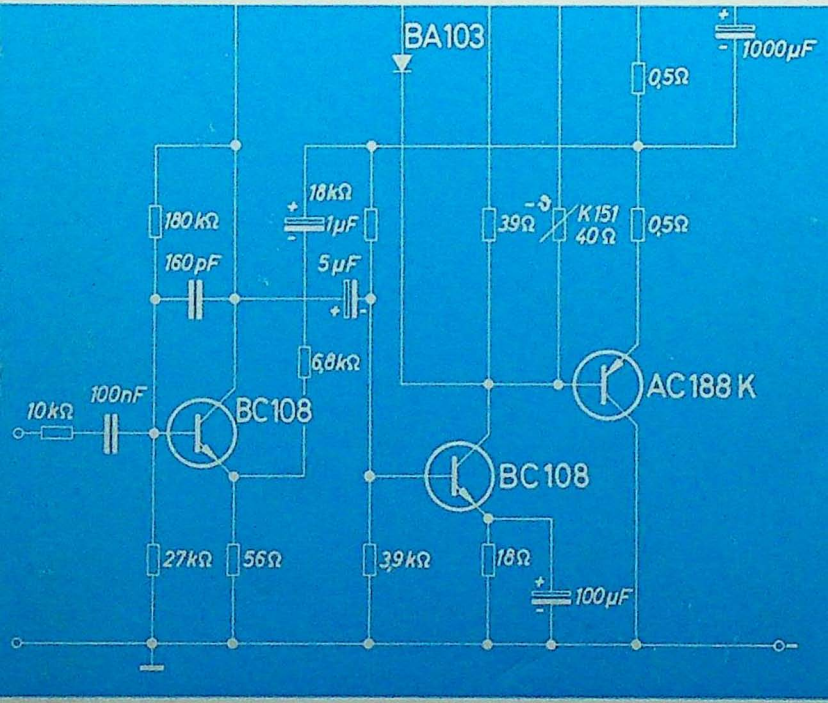
Winke und Kniffe 3

für Rundfunk- und Elektronik-Praktiker



Von Helmut Meyer

43 Abbildungen im Text

LEHRMEISTER BÜCHEREI 3,-

Helmut Meyer

Winke und Kniffe für Rundfunk- und Elektronik-Praktiker

Band 3

Schaltungstechnik, praktischer Gerätebau, Fehlersuche

43 Bilder im Text

Rainer J. Hoer
6252 DIEZ/LAHN
Friedhofstraße 19
Telefon 0 64 32 / 23 89

Lehrmeister-Bücherei Nr. 2015

Albrecht Philler Verlag · 495 Minden

Das gesamte Thema „Winke und Kniffe für Rundfunk- und Elektronik-Praktiker" besteht aus 3 Bänden.

Die Titel der Bände 1 und 2 lauten:

Band 1:

Die funktechnischen und elektronischen Bauelemente und ihre Anwendung in der Praxis, Bau einer Wickelmaschine für Spulen und Transformatoren sowie eines kombinierten Batterie-Lade- und Transistor-Speisegerätes (LB Nr. 2013)

Band 2:

Prüfen und Messen in Funktechnik und Elektronik, Werkstattpraxis (LB Nr. 2014)

Alle Rechte vorbehalten

Satz: E. Sommer, Ahlen
Druck: August Warnecke, Obernkirchen
Bindearbeiten: Wilhelm Altvater, Todtenhausen
ISBN 3 7907 2015 1
47255

Inhaltsverzeichnis

Vorwort 6

A. Winke und Kniffe aus der Schaltungstechnik

1. Kondensatoren als Vorschaltwiderstände bei Wechselstrom 7
2. Kurzwellenempfang mit Supervorsatzgerät . . . 10
3. Verbesserung der Siebung von Speisespannungen durch einen Transistor 12
4. Überspannungsschutz bei Glimmröhren-Stabilisatoren 14
5. Gleichrichterschaltung zum Erzeugen einer positiven und einer negativen Spannung aus nur einer Transformatorwicklung 16
6. Netzanschluß für Batteriegeräte 16
7. Mehrzweckverwendung fest eingebauter Meßinstrumente 19

B. Schaltbeispiel mit Halbleiterbauelementen

1. Einfacher Diodenempfänger mit NF-Verstärkung 20
2. Mittelwellenempfänger mit HF-Verstärkerstufe 22
3. Rückkopplungsempfänger 24
4. UKW-FM-Prüfgenerator 26
5. NF-Vorstufe 28
6. NF-Vorverstärker mit Klang- und Lautstärke-einstellung 29
7. Eisenloser NF-Verstärker mit 1 W Ausgangsleistung 30

8. Eisenloser NF-Verstärker für 3,6 W Ausgangsleistung 33
9. HiFi-Verstärker für 15 W Ausgangsleistung . . 35
10. Stabilisiertes Netzgerät 12 V, 1,5 A 37
11. Stabilisiertes Netzgerät 0,5 — 30 V, 100 mA . . . 39
12. Einfaches Stromregelgerät 42
13. Blinkschaltung mit einstellbarer Blinkfolge und -dauer 43
14. Blinkschaltung mit komplementären Transistoren 44
15. Multivibrator für Prüfzwecke 46
16. Sperrschwinger 49
17. Zeitgeberschaltung 1 — 300 s 50
18. Periodischer Zweizeitengeber 53
19. Lichtschranke 55
20. Temperaturschalter 56
21. Gleichspannungswandler 1,5 / 140 V 58
22. Spannungswandler für Fotoblitzgerät 60

C. Praktischer Gerätebau

1. Das Schaltbild 62
2. Auswahl der Einzelteile 64
3. Mechanischer Aufbau 66
4. Leitungsführung 67
5. Erste Inbetriebnahme 69
6. Funktionsprüfung 69

D. Fehlersuche und -beseitigung an Rundfunkgeräten

1. Eingrenzen des Fehlerorts 70
2. Fehler im Netzteil 74
3. Fehler in der Endstufe 76

4. Fehler in der NF-Vorstufe 80
5. Fehler im Demodulator 82
6. Fehler im ZF-Verstärker 83
7. Fehler in der Oszillator- und Mischstufe . . . 84
8. Fehler im HF-Teil 85
9. Nachstimmen von Rundfunkgeräten 85
10. Reparaturen an Batterieempfängern 86

E. Instandsetzung elektronischer Geräte

1. Allgemeines 87
2. Fehler an stabilisierten Netzgeräten 89
3. Fehler an Generatoren 91
4. Fehler an Zeitgebern 93
5. Fehler an Lichtschranken 93
6. Fehler an Spannungswandlern 94

F. Anhang

1. Elektrische und magnetische Maßeinheiten . . . 98
2. Zahlenabkürzungen 99
3. Spezifischer Widerstand, Leitfähigkeit und Temperaturkoeffizient von Leitern 99
4. Dielektrische Eigenschaften keramischer Massen 100
5. Permeabilität magnetischer Werkstoffe 100
6. Die deutschen Rundfunk- und Fernseh-Frequenzbereiche 100
7. Schaltzeichen 101

Vorwort zur 4. Auflage

Im vorliegenden dritten und zugleich letzten Band der Reihe „Winke und Kniffe für Rundfunk- und Elektronik-Praktiker" werden die Schaltungstechnik, der praktische Gerätebau und die Fehlersuche behandelt.

Ein verhältnismäßig breiter Raum wird der Schaltungstechnik gewidmet, weil gute Kenntnisse auf diesem Gebiet den praktischen Gerätebau und das Auffinden etwa auftretender Fehler sehr erleichtern. An eine Zusammenstellung schaltungstechnischer Winke und Kniffe schließen sich 22 ausgewählte Schaltbeispiele aus der Rundfunktechnik und Elektronik an, deren Wirkungsweise eingehend beschrieben wird. Hierauf folgen Ausführungen über Fragen zum praktischen Gerätebau, die sowohl die mechanischen als auch die elektrischen Arbeiten betreffen. Zum Schluß wird über das Auffinden von Fehlern gesprochen. Es werden praxisnahe Beispiele angeführt.

Den Firmen INTERMETALL und SIEMENS AG danke ich für die freundliche Überlassung von Schaltungsunterlagen.

München, 1972 Helmut Meyer

A. Winke und Kniffe aus der Schaltungstechnik

1. Kondensatoren als Vorschaltwiderstände bei Wechselstrom.

Soll ein Verbraucher an einer Spannung betrieben werden, die höher als seine Nennspannung ist, so schaltet man ihm oftmals einen Widerstand vor, an dem die überschüssige Spannung abfällt. Nachteilig hierbei ist, daß der Widerstand eine bestimmt Leistung verzehrt, die eine Verlustleistung bedeutet.

Soweit es sich um Wechselstromkreise handelt, kann anstelle des Vorschaltwiderstandes auch ein Kondensator verwendet werden. Dieser besitzt für Wechselstrom keinen unendlich großen Widerstand, wie das bei Gleichstrom der Fall ist. Er wirkt hier als sogenannter Wechselstrom- oder kapazitiver Widerstand, dessen Wert von der Kapazität und von der Frequenz abhängt. Dem ohmschen Widerstand gegenüber hat er den Vorteil, daß er nicht die geringste Leistung aufnimmt. Aus diesem Grunde gehen beispielsweise die Herstellen von Fernsehgeräten mehr und mehr dazu über, im Heizkreis anstelle des bisher allein üblichen Vorwiderstandes einen Kondensator zu benutzen.

Der Praktiker hat bei seiner Arbeit oft Gelegenheit, einen Vorschaltkondensator anzuwenden. Als Beispiel für die Berechnung des Kapazitätswertes ist in Bild 1 oben der Heizkreis eines Zweiröhrenempfängers in sogenannter Allstromschaltung gezeigt, bei dem die Heizfäden über den Widerstand Rv an 220 V angeschlossen sind. Die Fäden mögen 0,1 A aufnehmen und einen Spannungsbedarf von 20 und 45 V, zusammen also von 65 V haben. Somit beträgt der Widerstand beider Heizfäden zusammen:

$$Rf = \frac{Uf}{I} = \frac{65}{0{,}1} = 650\ \Omega$$

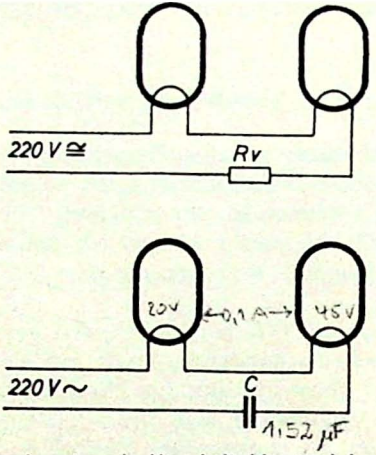


Bild 1: Kondensator als Vorschaltwiderstand im Heizkreis

Der Wert des Vorschaltwiderstandes Rv, der den Röhren die überschüssige Spannung in Höhe von Uv = Uges – Uf = 220 V – 65 V = 155 V fernzuhalten hat, ergibt sich demnach zu

$$Rv = \frac{Uv}{I} = \frac{155}{0{,}1} = 1550\ \Omega,$$

während der Gesamtwiderstand des Heizkreises

$$Rges = \frac{Uges}{I} = \frac{220}{0{,}1} = 2200\ \Omega$$

beträgt.

Soll der Empfänger nur mit Wechselstrom betrieben werden, so kann man den Heizkreis auch in der Weise schalten, wie in Bild 1 unten gezeigt ist. Hier übernimmt der Kondensator C die Aufgabe des Widerstandes Rv. Sein Wechselstromwiderstand Xc muß so groß sein, daß die Röhren wieder 0,1

A aufnehmen. Der Gesamtwiderstand des Heizkreises soll also wie vorher 2200 Ω betragen.

Zur Berechnung von Xc darf man allerdings aus Gründen, auf die hier nicht weiter eingegangen werden soll, nicht einfach den Widerstand Rf der Heizfäden vom Gesamtwiderstand Rges abziehen. Xc ergibt sich vielmehr aus der Formel

$$Xc = \sqrt{Rges^2 - Rf^2}.$$

Setzt man die Zahlenwerte ein, so erhält man den Wechselstromwiderstand des Kondensators zu

$$Xc = \sqrt{2200^2 - 650^2} = \sqrt{4\,417\,500} \approx 2060\ \Omega.$$

Aus dem Wechselstromwiderstand Xc und der Frequenz f, die bei Netzwechselstrom durchweg 50 Hz beträgt, kann man dann die Kapazität C berechnen. Für sie gilt die Gleichung

$$C\ (\mu F) = \frac{160\,000}{f \cdot Xc\ (\Omega)}$$

Die Kapazität ergibt sich demnach zu

$$C = \frac{160\,000}{50 \cdot 2060} = \frac{160\,000}{103\,000} \approx 1{,}55\ \mu F.$$

Da ein solcher Wert nicht handelsüblich ist, wird man drei Kondensatoren von 1,0, 0,5 und 0,05 µF parallelschalten.

Analog zu diesem Beispiel kann man mit Hilfe der angegebenen Formeln auch für andere Zwecke den jeweils benötigten Vorschaltkondensator berechnen, etwa für Kleinspannungslampen, die an höherer Spannung betrieben werden sollen. Es versteht sich von selbst, daß die Kondensatoren genügend spannungsfest sein müssen, um nicht durchzuschlagen. Bei Betrieb an 220 V muß die Spannungsfestigkeit für mindestens 500 V Gleichspannung bemessen sein, besser aber für 1000 V. Dieser verhältnismäßig hohe Wert ist einmal deshalb erforderlich, weil die Spannungsspitzen rund 310 V betragen;

zum anderen wird durch das fortwährende Umladen des Kondensators das Dielektrikum stärker beansprucht als bei Gleichspannung. — Elektrolytkondensatoren eignen sich ihrer Polung wegen nicht als Vorschaltkondensatoren.

2. Kurzwellenempfang mit Supervorsatzgerät

In Bild 2 ist ein Überlagerungsvorsatzgerät dargestellt, mit dem man jeden Rundfunkapparat, der keinen Kurzwellenbereich besitzt — gleichgültig, ob Geradeaus- oder Superhetempfänger — unter verhältnismäßig geringem Aufwand an Schaltmitteln in einen leistungsfähigen Kurzwellensuper verwandeln kann.

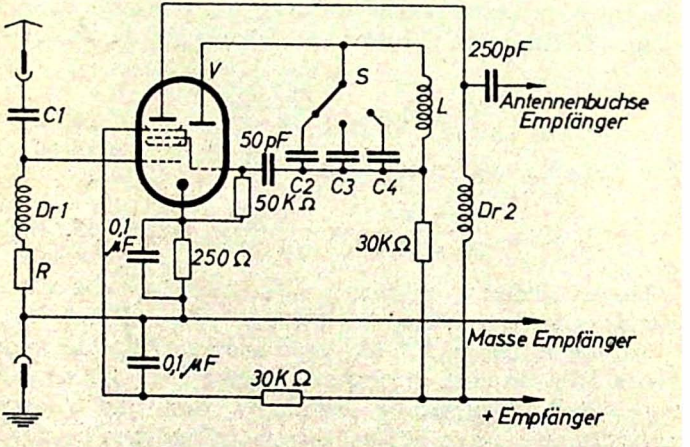


Bild 2: Supervorsatzgerät für Kurzwellen

Die von der Antenne kommenden Kurzwellenschwingungen gelangen nach Passieren des Kondensators C 1 (30 — 50 pF) zum Gitter 1 des Hexodensystems der Mischröhre V. Diese kann sowohl eine Triode-Hexode als auch eine Triode-Heptode sein. Geeignet sind die Typen ECH 42, ECH 81 und ECH

83. Bei Röhren, die wie die ECH 81 keine innere Verbindung zwischen dem Gitter 3 des Hexoden- bzw. Heptodensystems und dem Gitter 1 des Triodensystems besitzen, wird diese Verbindung durch eine äußere Drahtbrücke hergestellt. Der Eingangskreis, der aus der Drossel Dr 1, dem Widerstand R (ca. 10 Ω) und den Schaltkapazitäten besteht, arbeitet aperiodisch und braucht deshalb nicht abgestimmt zu werden. Das Triodensystem der Mischröhre ist als Oszillator geschaltet, dessen Frequenz von der Spule L und den Kondensatoren C 2 — C 4 bestimmt wird. Der Wechsel zwischen den einzelnen Kurzwellenbändern erfolgt durch Umschalten dieser Kondensatoren mittels des Schalters S.

Infolge der Mischung der Eingangs- mit der Oszillatorfrequenz entsteht an der Anode des Hexodensystems die Zwischenfrequenz, die auf kürzestem Wege zur Antennenbuchse des Rundfunkempfängers weitergeleitet wird. Die Senderabstimmung geschieht durch den Drehkondensator im nachgeschalteten Radiogerät (Wellenschalter auf MW), so daß dieses als abstimmbarer ZF-Verstärker mit anschließender Demodulation und NF-Verstärkung arbeitet. Sofern das Gerät ein Super ist, findet also eine doppelte Überlagerung statt. Zur Versorgung der Mischröhre mit Heiz- und Anodenspannung kann der Netzteil des Empfängers herangezogen werden.

Die HF-Drosseln Dr 1 und Dr 2 sind nicht sehr kritisch; ihre Induktivität soll je etwa 0,5 mH betragen. Die Spule L wird aus 0,5 — 1 mm starkem Volldraht hergestellt und auf einen Isolierkörper von 10 — 15 mm ⌀ gewickelt (10 — 20 Wdg.). Werden für die Kondensatoren C 2 — C 4 (30, 50 und 100 pF) Trimmer verwendet, so kann man etwaige Unstimmigkeiten der Spule durch Verändern der Kapazitäten ausgleichen. — Abweichungen der Widerstände und Kondensatoren um ± 20 % von den angegebenen Werten sind durchaus zulässig.

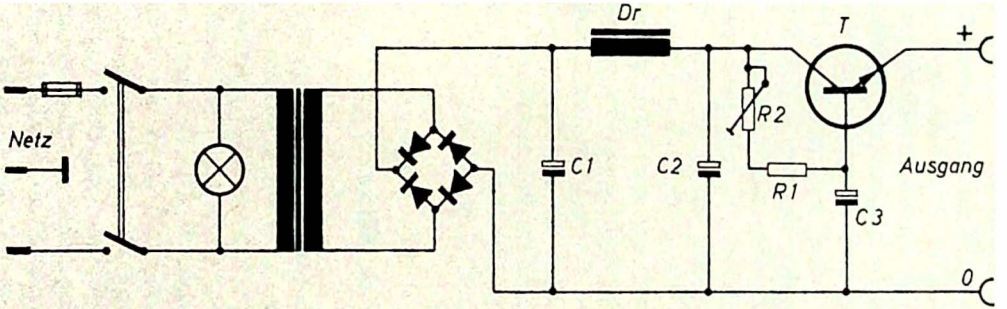
In vielen Fällen wird es räumlich möglich sein, das Supervorsatzgerät mit in den Rundfunkempfänger einzubauen.

3. Verbesserung der Siebung von Speisespannungen durch einen Transistor

In Netzteilen für Transistorgeräte werden für den Siebkondensator manchmal verhältnismäßig große Kapazitätswerte benötigt, um eine ausreichende Glättung der Speisespannung zu erzielen. Nicht selten sind hierzu Kapazitäten von 10 000 µF und darüber erforderlich. Da derart hohe Werte nicht handelsüblich sind, ist man in solchen Fällen gezwungen, mehrere Kondensatoren parallel zu schalten. Das aber bedeutet erhöhten Raumbedarf. Außerdem steigen die Materialkosten. Es soll deshalb nachstehend beschrieben werden, wie man unter Zuhilfenahme eines Transistors mit wesentlich kleineren Kapazitäten die gleiche Siebwirkung erreichen kann.

Bild 3 zeigt die Schaltung eines entsprechenden Netzgerätes, dem Ströme bis zu etwa 2,5 A entnommen werden können. Der Ladekondensator C 1 von 500 — 1 000 µF glättet die aus dem Brückengleichrichter kommende Gleichspannung, die natürlich eine gewisse Restwelligkeit behält. Sie wird durch die nachgeschaltete Drossel Dr und den Kondensator C 2 von ebenfalls 500 — 1 000 µF gesiebt. Das Siebglied reicht jedoch zu einer völligen Beruhigung der Spannung bei weitem nicht aus. Hierzu müßte es wesentlich größer bemessen sein. Die Restsiebung erfolgt indessen durch den Leistungstransistor T in Verbindung mit dem Kondensator C 3 (500 — 1 000 µF) und den Widerständen R 1 und R 2 (ca. 10 Ω und 150 Ω), von denen R 2 auf Optimum abzugleichen ist.

Die Ausgangsspannung des Netzgerätes und die Spannung an C 3 sind einander entgegengeschaltet. Ihre Differenz stellt die Steuerspannung des Transistors, also dessen Basis-Emitter-Spannung dar. Das RC-Glied R 1/R 2 — C 3 besitzt eine



Der Netztransformator ist so auszulegen, daß bei voller Belastung des Netzgerätes für die Kollektor-Emitter-Strecke des Transistors noch eine Spannung von etwa 5 V verbleibt.

Bild 3: Verbesserung des Siebfaktors durch einen Transistor

Zeitkonstante, die wesentlich größer ist als der zeitliche Abstand, in dem die vom Gleichrichter gelieferten Halbwellen aufeinander folgen. Schwankt daher die Spannung an C 2 im Rhythmus der Welligkeit, so wirkt sich dies auf die Spannung an C 3 kaum aus. Die Schwankungen werden über die Strecke Kollektor—Emitter zum Ausgang übertragen. Sobald sich hier die Spannung jedoch geringfügig erhöht, wird die Basis positiver gegenüber dem Emitter, so daß sich der Widerstand der Kollektor-Emitter-Strecke vergrößert. Bei fallender Ausgangsspannung arbeitet die Regelung in entgegengesetztem Sinn. Die an C 2 noch in voller Höhe vorhandenen Schwankungen können sich deshalb ausgangsseitig nur zu einem Bruchteil auswirken, weil sie durch die sofort einsetzende Regelung im nächsten Moment bereits wieder unterdrückt werden. Auf diese Weise wirkt der Kondensator C 3 über den Transistor mit einer um den Stromverstärkungsfaktor erhöhten Kapazität. Eine Stromverstärkung von beispielsweise 50 ergibt also die gleiche Siebung wie ein Kondensator von 50 000 µF, wenn man C 3 mit 1 000 µF bemißt.

4. Überspannungsschutz bei Glimmröhren-Stabilisatoren

Bekanntlich ist die Betriebsspannung für Glimmröhren-Stabilisatoren stets höher als die Brennspannung, die als Speisespannung für den angeschlossenen Verbraucher dient (vgl. Band 1 „Winke und Kniffe für Rundfunk- und Elektronik-Praktiker", Abschn. K, Kap. 2). Die Differenz zwischen Betriebs- und Brennspannung fällt durch den Brennstrom am vorgeschalteten Widerstand ab. Wird daher die Röhre während des Betriebes aus der Fassung herausgezogen, so vermindert sich der Spannungsabfall am Vorwiderstand und die Spannung am Verbraucher steigt an, wodurch dieser überlastet werden kann.

Solche Überlastungen können durch einen kleinen Schaltungstrick vermieden werden. Die Hersteller von Glimmröhren schließen die Anode und die Katode nicht nur jeweils an einen, sondern mindestens an zwei Röhrenstifte an, manchmal sogar an drei. Als Beispiel ist in Bild 4 die Sockelschaltung der Röhre 150 C 2 wiedergegeben. Wird die Stabilisa-

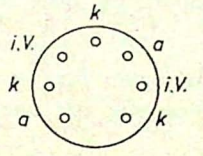
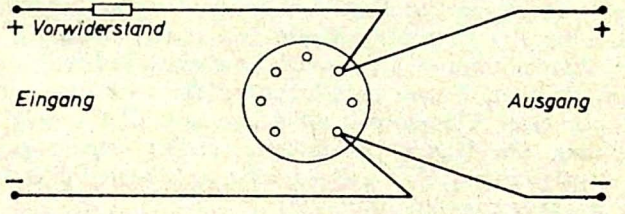
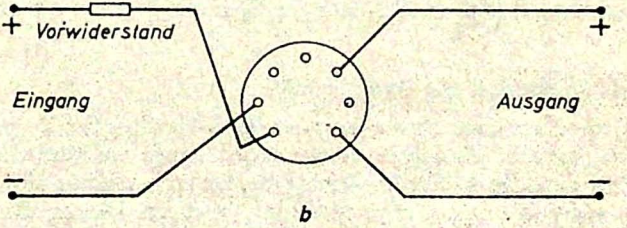


Bild 4: Sockelschaltung der Glimmröhre 150 C 2



a



b

Bild 5: Überspannungsschutz bei Glimmröhren-Stabilisatoren

torschaltung gemäß Bild 5 a aufgebaut, so ergibt sich bei Herausziehen der Röhre am Verbraucher zwangsläufig die erwähnte Überspannung. Führt man die Schaltung jedoch in der Weise aus, daß für die Zu- und Ableitung der Anode bzw. der Katode oder auch beider Elektroden jeweils zwei verschiedene Stifte benutzt werden (Bild 5 b), so wird bei Herausnehmen der Röhre die Spannung am Verbraucher automatisch abgeschaltet.

5. Gleichrichterschaltung zum Erzeugen einer positiven und einer negativen Spannung aus nur einer Transformatorwicklung

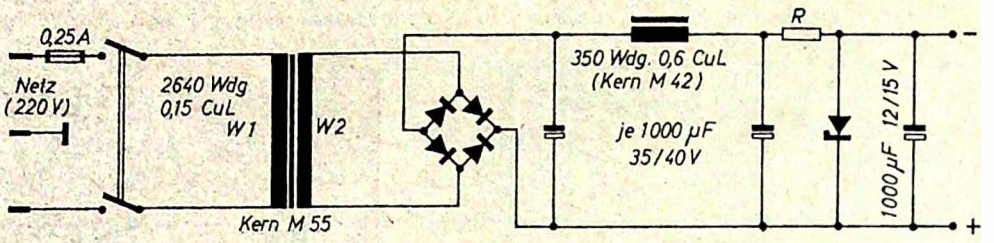
Zum Betrieb elektronischer Geräte werden manchmal zwei Gleichspannungen benötigt, von denen die eine positiv, die andere negativ gegenüber Masse sein muß. Sofern für den zugehörigen Stromversorgungsteil Einweggleichrichtung vorgesehen ist, kommt man zum Erzeugen der zwei Spannungen mit nur einer Transformatorwicklung aus. Bild 6 zeigt die Schaltung. Die beiden Gleichrichter werden entgegengesetzt gepolt angeschlossen, so daß sich eine positive und eine negative Spannung ergibt.

Diese Spannungen haben zunächst natürlich gleiche Werte. Müssen sie verschieden groß sein, kann man für die kleinere einen Spannungsteiler benutzen, sofern die Belastung nicht zu hoch ist. In vielen Fällen kann man hierzu ein Potentiometer verwenden, so daß sich die Spannung genau einstellen läßt.

6. Netzanschluß für Batteriegeräte

Gegenüber dem Strom aus der Netzsteckdose ist Batteriestrom um ein Vielfaches teurer. Wird daher ein Batterieempfänger häufig in der Wohnung betrieben, so lohnt sich der Bau eines Netzanschlußgerätes, das in einem kleinen Kunststoffgehäuse untergebracht werden kann.

Bild 6: Gleichrichterschaltung zum Erzeugen einer positiven und einer negativen Spannung aus nur einer Transformatorwicklung



6 V : W 2 = 87 Wdg. 0,6 CuL (ca. 6,5 V~); R = 3,3 Ω (2 W)

9 V : W 2 = 130 Wdg. 0,55 CuL (ca. 9,8 V~); R = 6,8 Ω (2 W)

12 V : W 2 = 174 Wdg. 0,45 CuL (ca. 13 V~); R = 15 Ω (2 W)

Bild 7: Netzanschlußgerät für Transistor-Empfänger

Fast alle Batterie-Transistorradios sind im NF-Teil jedoch in sogenannter B-Schaltung ausgeführt, bei der die Stromaufnahme mit zunehmender Lautstärke steigt. Die Ausgangsspannung des Netzgerätes sollte deshalb stabilisiert sein. Andernfalls wäre der Spannungswert belastungsabhängig. Ein geeignetes und zugleich verhältnismäßig preiswertes Stabilisatorelement ist die Zenerdiode, kurz Z-Diode genannt.

Die Schaltung eines z-dioden-stabilisierten Netzgerätes für Transistorradios ist in Bild 7 angegeben. Je nachdem, ob die Ausgangsspannung nun 6, 9 oder 12 V betragen muß, wird man eine Diode der Type ZL 6, ZL 8,2 oder ZL 12 verwenden (Intermetall). Dementsprechend werden auch verschieden große Transformatorspannungen und R-Werte benötigt, die ebenfalls aus Bild 7 hervorgehen. Die Dimensionierung ist so gewählt, daß bei einer Ausgangsspannung von 6 V ein Strom von maximal 0,5 A entnommen werden kann, bei 9 V 0,375 A und bei 12 V 0,25 A. Die Zenerdioden müssen hierzu auf Kühlblechen von etwa 60 x 60 x 2 mm (Alu) montiert werden.

7. Mehrzweckverwendung fest eingebauter Meßinstrumente

Schon mancher Praktiker hat es als nachteilig empfunden, daß er ein Meßinstrument, das fest in ein Gerät eingebaut ist, nicht auch für andere Zwecke benutzen kann. Dies läßt sich indessen durch nachträglichen Einbau zweier Schaltbuchsen verhältnismäßig leicht ermöglichen.

Schaltbuchsen sind bekanntlich mit einem oder mit zwei Umschaltkontakten versehen, die bei Einführen eines Bananensteckers betätigt werden. Mit solchen Buchsen läßt sich ein Instrument von dem betreffenden Gerät selbsttätig elektrisch trennen und für weitere Meßaufgaben nutzbar machen. Die Schaltungsweise geht aus Bild 8 hervor, worin als Beispiel ein in ein Netzgerät eingebautes Voltmeter wiedergegeben ist.

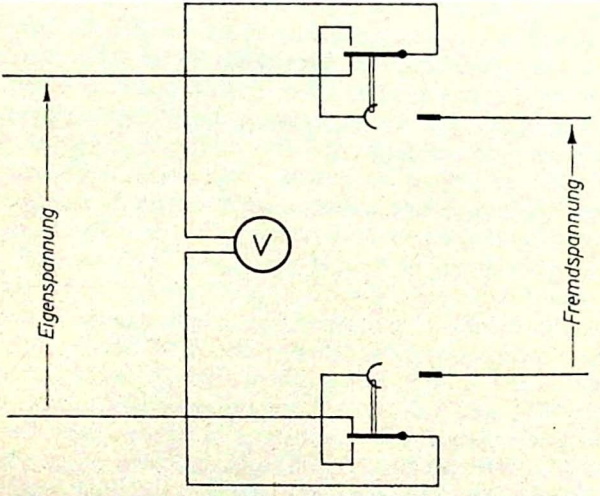


Bild 8: Voltmeter mit Schaltbuchsen

B. Schaltbeispiele mit Halbleiterbauelementen

1. Einfacher Diodenempfänger mit NF-Verstärkung

Die Halbleitertechnik hat in den letzten Jahren Fortschritte gemacht, deren Ausmaße auch nicht im entferntesten vorauszusehen waren. Transistoren, Dioden und Fotozellen sind in alle Bereiche der Elektronik vorgedrungen und haben die Röhre zum Teil verdrängt. Dieser Prozeß schreitet mehr und mehr fort.

Um dem Leser einen Überblick über die verschiedenartigen Anwendungsmöglichkeiten von Halbleitern zu geben, werden im folgenden Abschnitt Schaltungsbeispiele aus der Rundfunk-

technik und weiteren Teilgebieten der Elektronik besprochen. Ihre Wirkungsweise wird eingehend beschrieben, um einen leichten Nachbau zu ermöglichen. Darüber hinaus sollen die Beispiele den Leser zu eigenen Schaltungsentwürfen anregen. Alle erforderlichen Bemessungsangaben für die Bauteile sind in den Schaltbildern bzw. im Text enthalten. Es handelt sich vorwiegend um Schaltungen von Halbleiterherstellern. Die Veröffentlichung in vorliegendem Buch erfolgt zu Lehr- und Versuchszwecken, ohne die Patentlage zu berücksichtigen. Sofern ein Nachbau zu gewerblichen Zwecken stattfinden soll, sind etwaige Patentansprüche zu beachten.

Bei geringen Ansprüchen an Empfindlichkeit und Trennschärfe genügt zum Empfang von Mittelwellensendern eine einfache Schaltung nach Bild 9. Die Schwingkreisspule ist auf einen Ferritstab gewickelt, der bei nicht allzu großer Entfernung vom Sender genügend Energie aufnimmt, um das Gerät arbeiten zu lassen. Größere Reichweiten ergeben sich, wenn man in die Buchse A bzw. A 1 eine Behelfsantenne von 1 — 5 m Länge einsteckt. Welche der Buchsen den besseren Empfang erbringt, muß von Fall zu Fall ausprobiert werden.

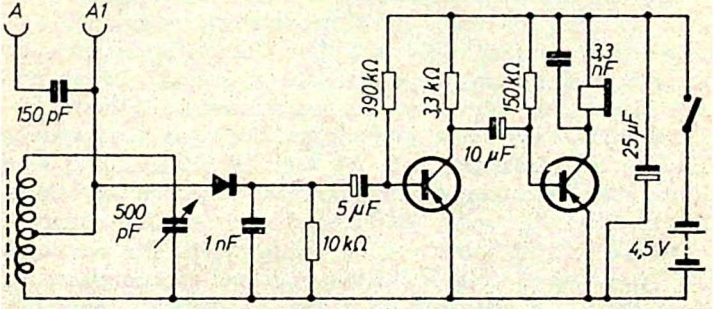


Bild 9: Diodenempfänger mit NF-Verstärker

Um den Schwingkreis durch die Diode und den nachgeschalteten Transistor nicht zu stark zu belasten, wird die Hochfrequenz an einer Anzapfung der Spule abgegriffen. Die Basis-Vorspannung der beiden Transistoren wird nicht durch je einen Spannungsteiler, sondern durch Vorwiderstände erzeugt. Auch sind keine Emitterwiderstände zum Stabilisieren des Kollektor-Ruhestromes vorgesehen, so daß sich eine denkbar einfache Schaltungsweise ergibt.

Als Ferritstab ist eine Ausführung mit den Abmessungen 140 x 18 x 3,5 mm geeignet. Er wird mit insgesamt 50 Windungen HF-Litze bewickelt, wobei nach 20 Windungen (im Schaltbild von unten aus gerechnet) die Anzapfung anzubringen ist. Der Drehkondensator soll eine Endkapazität von 350 — 500 pF besitzen. Die Germaniumdiode kann von der Type OA 72, OA 73, OA 150, OA 160 oder OA 161 sein. Als Transistoren können NF-Typen wie AC 122, AC 126, AC 150, AC 151 und OC 303 benutzt werden. Der Kopfhörer sollte einen Spulenwiderstand von etwa 2000 Ω aufweisen.

2. Mittelwellenempfänger mit HF-Verstärkerstufe

Eine bessere Empfangsempfindlichkeit ergibt sich, indem man zwischen Abstimm- und Demodulatorkreis eine HF-Verstärkerstufe einfügt (Bild 10). Die Schwingkreisspule und der Ferritstab können die gleichen Daten wie im vorigen Beispiel haben. Auf die Antennenbuchsen kann der höheren Empfindlichkeit wegen verzichtet werden. Die Basis-Vorspannung für den HF-Transistor (z. B. AF 118, AF 127, AF 137) wird durch einen Spannungsteiler gewonnen, dessen an die Minusleitung angeschlossener Widerstand je nach Transistortype unter Umständen etwas variiert werden muß. Die verstärkte HF-Spannung wird am Kollektorwiderstand abgenommen und über einen Koppelkondensator dem Diodenkreis zugeleitet. Zum Einstellen der Lautstärke ist ein Potentiometer vorgese-

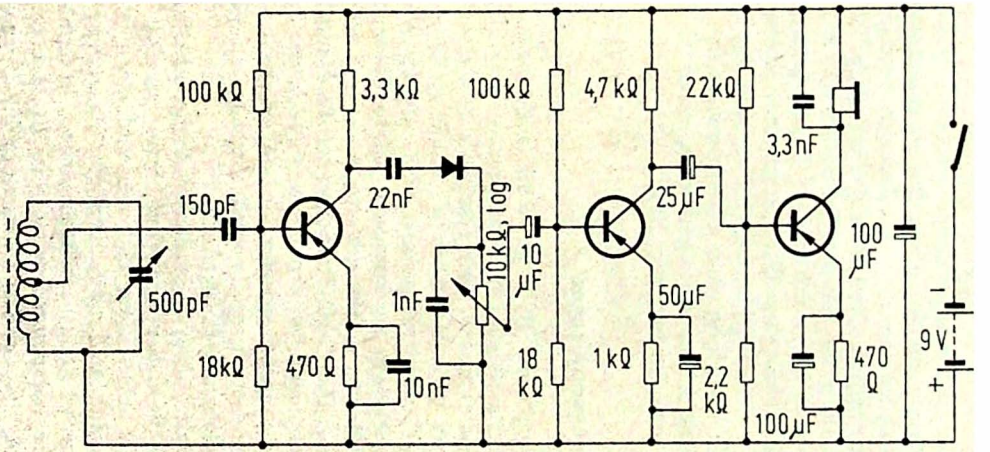


Bild 10: Mittelwellenempfänger mit HF-Verstärkerstufe

hen, das zugleich als Arbeitswiderstand für den Demodulatorkreis dient. Die sich anschließenden zwei NF-Verstärkerstufen sind im Gegensatz zu Bild 9 mit Basisspannungsteilern und Emitterwiderständen versehen, so daß sich besonders stabile Arbeitspunkte ergeben. Die Dimensionierung der Widerstände des NF-Verstärkers ist für die Transistortype AC 151 ausgelegt. Es können aber auch andere Typen benutzt werden. In Sendernähe ist mit dem Gerät sogar schwächere Lautsprecherwiedergabe möglich. Hierzu wird anstelle des Kopfhörers die hochohmige Wicklung eines Übertragers in den Kollektorkreis des Endstufentransistors geschaltet, während die niederohmige Seite zum Lautsprecher führt.

3. Rückkopplungsempfänger

Mit der Schaltung Bild 11 wird außer einer höheren Empfindlichkeit auch eine bessere Trennschärfe als mit dem Gerät nach Bild 9 erzielt. Der Ferritstab besitzt eine zusätzliche Spule von 12 Windungen als Rückkopplungswicklung, der ein 47-Ω-Widerstand parallel liegt, um einen weicheren Rückkopplungseinsatz zu erreichen. Diese Spule ist richtig gepolt anzuschließen, so daß sich eine Rück- und keine Gegenkopplung ergibt. Das 5-kΩ-Potentiometer dient zum Einstellen des Rückkopplungsgrades und somit zugleich der Lautstärke. Das 250-Ω-Trimmpotentiometer im Emitterkreis bewirkt eine schwache Gegenkopplung. Es wird einmalig auf günstigsten Rückkopplungseinsatz einreguliert.

Die erste Stufe ist in sogenannter Audionschaltung ausgeführt. Sie erfüllt daher drei Funktionen, nämlich die eines HF-Verstärkers, eines Demodulators und eines NF-Vorverstärkers. Aus diesem Grunde kann mit Ausnahme der Endstufe auf weitere Stufen verzichtet werden. In Sendernähe ist ebenfalls Lautsprecherempfang möglich. Für den ersten Transistor wird eine HF-, für den zweiten eine NF-Type verwendet.

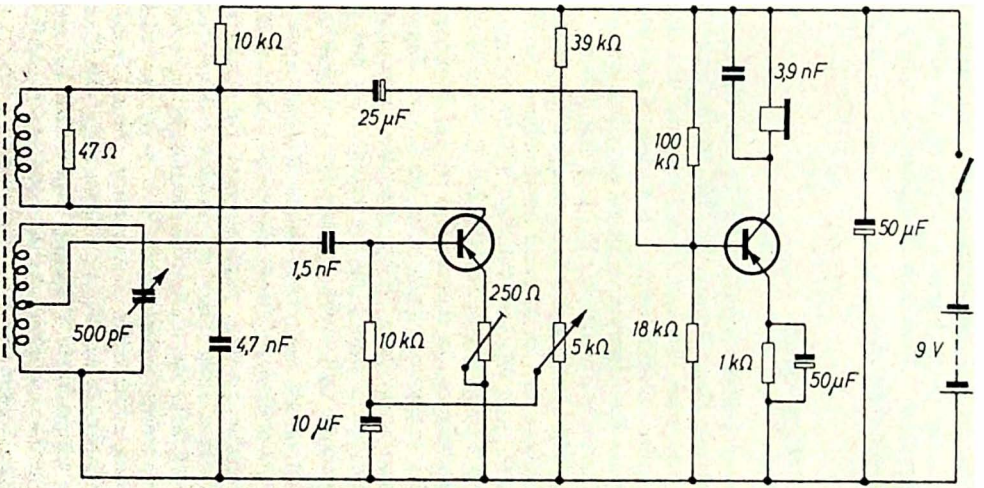


Bild 11: Rückkopplungsempfänger

Von einer Wiedergabe umfangreicherer Empfängerschaltungen kann in diesem Buch abgesehen werden, da solche bereits im Lehrmeister-Buch „Praktisch Rundfunkbasteln", Teil 3, ausführlich beschrieben sind.

4. UKW-FM-Prüfgenerator

Der Generator besteht gemäß Bild 12 aus einem Modulationsverstärker mit dem Transistor OC 304/2, einer Kapazitätsdiode BA 100 zum Erzeugen des Frequenzhubs und einer selbstschwingenden Oszillatorstufe mit dem Transistor BSY 51. Um eine gute Frequenzkonstanz zu erreichen, ist die Speisespannung durch die Zenerdiode ZG 6, 8 stabilisiert. Die Modulationsspannung wird einem Tongenerator entnommen. Es kann beispielsweise der im 2. Band beschriebene Sinus-Rechteck-Generator benutzt werden. Wird die NF-Spannung an den Punkten 0 und 2 eingespeist, arbeitet der Transistor OC 304/2 in Kollektorschaltung. In diesem Fall ist der Eingangswiderstand groß. Es ergibt sich jedoch lediglich eine Strom- und keine Spannungsverstärkung. Führt man die Tonfrequenz hingegen den Punkten 1 und 2 zu, so erhält man bei kleinem Eingangswiderstand eine hohe Spannungsverstärkung.

Die Kapazitätsdiode liegt über einen Kondensator von 50 pF und über die Reihenschaltung der beiden 500-pF-Kondensatoren hochfrequenzmäßig parallel zum Schwingkreis. Sie erhält ihre Vorspannung über die beiden Widerstände von 100 kΩ und 15 kΩ. An deren Verbindungspunkt wird die Modulationsspannung eingespeist. Bei positiver Halbwelle dieser Spannung nimmt die Vorspannung der Diode zu, so daß sich ihre Kapazität verringert. Mithin steigt die Oszillatorfrequenz. Die umgekehrte Wirkung ergibt sich bei negativer Halbwelle. Der Frequenzhub kann mit dem 5-kΩ-Potentiometer verändert werden.

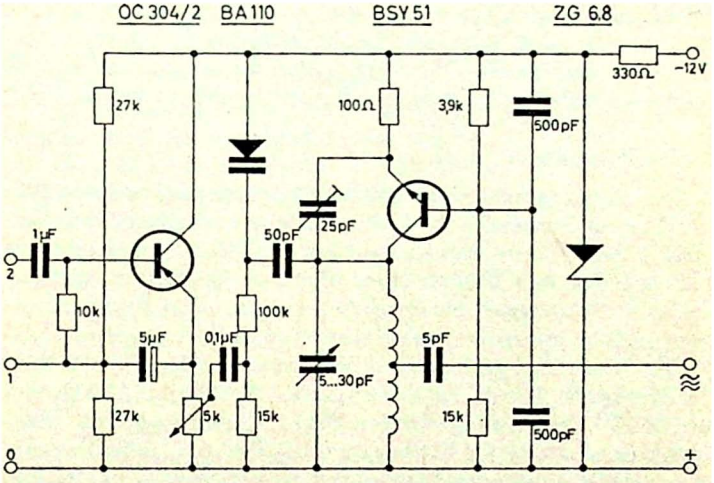


Bild 12: UKW-FM-Prüfgenerator (nach Unterlagen der Firma Intermetall)

Die Oszillatorstufe arbeitet in Basisschaltung, wobei die Rückkopplung über einen Trimmkondensator erfolgt. Das frequenzmodulierte VHF-Signal wird an einer Anzapfung der Schwingkreisspule abgegriffen und über einen Auskoppelkondensator von 5 pF der Ausgangsbuchse zugeleitet. Der Arbeitspunkt des HF-Transistors BSY 51 ist sowohl durch einen Emitterwiderstand als auch durch einen Basisspannungsteiler stabilisiert.

Für einen Abstimmbereich von etwa 85-100 MHz benötigt man eine Oszillatorspule mit ca. 5 Windungen aus 1,5 mm starkem Kupferdraht, der nach Möglichkeit versilbert sein sollte. Es sind ein Außendurchmesser von rund 10 mm und eine Länge von 15 mm erforderlich. Je nachdem, ob man beim Erproben des Generators die Spule dann etwas weiter auseinanderzieht oder mehr zusammendrückt, verringert bzw. vergrößert sich der Induktivitätswert. Man kann sie also auf diese

Weise in gewissen Grenzen abgleichen. Beim Anfertigen geht man so vor, daß man den Draht zunächst Windung neben Windung auf einen Dorn geeigneten Durchmessers wickelt und anschließend die Spule auf die gewünschte Länge auszieht.

5. NF-Vorstufe

Die Ausgangsspannung von Mikrofonen und anderen NF-Quellen ist manchmal zu klein, um einen vorhandenen Verstärker ausreichend durchzusteuern. Abhilfe kann in solchen Fällen durch den Einbau einer Vorstufe geschaffen werden, die den Signalpegel entsprechend anhebt. Die Stromversorgung erfolgt durch die Speisespannung des Verstärkers.

Die Schaltung einer solchen Vorverstärker-Stufe ist in Bild 13 dargestellt. Durch die Widerstände 100 kΩ und 22 kΩ wird die Basis-Vorspannung für den Transistor erzeugt. Der Emitterwiderstand von 2,2 kΩ hat die Aufgabe, den Kollektorruhestrom unabhängig von Temperaturänderungen des Transistors zu machen. Um für die Niederfrequenz keine Gegenkopplung entstehen zu lassen, ist dieser Widerstand durch einen Elektrolyt-Kondensator von 50 µF überbrückt. Die verstärkte Ausgangsspannung wird am Kollektorwiderstand von 6,8 kΩ ab-

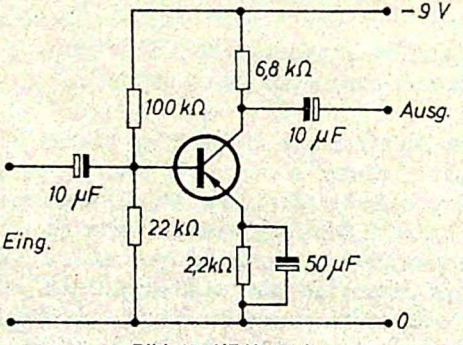


Bild 13: NF-Vorstufe

gegriffen. Um das Eingangs- und das Ausgangssignal gleichspannungsfrei zu halten, erfolgen Ein- und Auskopplung über je einen Kondensator von 10 µF.

Als Transistor kann eine beliebige NF-Type verwendet werden. Für die Betriebsspannung ist ein Wert von 9 V angegeben. Die Stufe arbeitet aber auch mit 6 bzw. 12 V. Bei 6 V ist der obere Basiswiderstand auf etwa 82 kΩ zu verkleinern, bei 12 V auf 120 kΩ zu erhöhen. Unter Umständen muß dieser Widerstand auch je nach Transistortype etwas variiert werden, um die Stufe auf den optimalen Arbeitspunkt zu bringen. Eine Übersteuerung kann der verhältnismäßig kleinen Signalamplitude wegen kaum auftreten.

Der Eingangswiderstand beträgt etwa 5 kΩ. Dieser Wert ist für den unmittelbaren Anschluß eines Kristalltonabnehmers bzw. -Mikrofons zu klein. Man wird deshalb für Signalspannungsquellen dieser Art noch einen Widerstand von 100 — 470 kΩ in Reihe mit dem Eingangskondensator schalten.

Um zwischen dem Hauptverstärker und der Vorstufe eine besonders gute Rückwirkungsfreiheit zu erzielen, kann man die Stufe über ein RC-Siebglied an die Versorgungsspannung anschließen. Der Widerstand sollte etwa 3,3 — 6,8 kΩ aufweisen, der Kondensator 50 µF.

6. NF-Vorverstärker mit Klang- und Lautstärkeeinstellung

Dieser Verstärker (Bild 14) besitzt eingangsseitig eine Impedanzwandlerstufe zur Anpassung des verhältnismäßig niederohmig aufgebauten Klangeinstell-Netzwerkes an den Ausgang der vorhergehenden Stufe. Zur Höhen- und Tiefenbeeinflussung sind zwei getrennte Potentiometer vorgesehen. Ein weiteres Potentiometer dient als Lautstärkeeinsteller.

Da sich bei einem derartigen Klangeinstell-Netzwerk infolge der Spannungsteilung zwangsläufig Verluste an Signalamplitude ergeben, ist dem Netzwerk eine Spannungs-Verstärkerstufe nachgeschaltet, die die Verluste wieder ausgleicht. Der

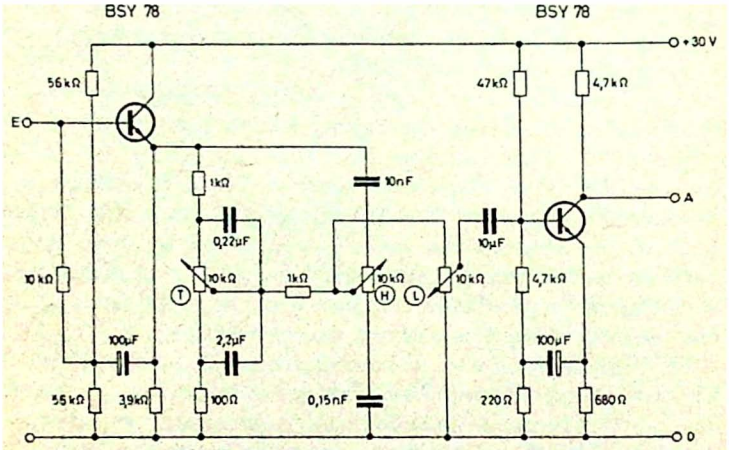


Bild 14: NF-Vorverstärker mit Klang- und Lautstärkeeinstellung (nach Unterlagen der Firma Intermetall)

Emitterwiderstand dieser Stufe ist nicht unmittelbar, sondern über einen Widerstand von 220 Ω durch einen Kondensator überbrückt. Hierdurch entsteht eine Gegenkopplung, die Verzerrungen wirksam unterdrückt. Durch die Schaltungsweise des Basisspannungsteilers in Verbindung mit dem 100-µF-Kondensator wird der Eingangswiderstand der Ausgangsstufe heraufgesetzt.

Die Eingangs- und die Ausgangsleitung des Vorverstärkers werden durch je einen Kondensator von 10 µF abgeblockt.

Die jeweiligen Frequenzgänge des Netzwerkes in Abhängigkeit von der Einstellung der beiden Klangpotentiometer sind aus Bild 15 ersichtlich.

7. Eisenloser NF-Verstärker mit 1 W Ausgangsleistung

Über die Vorteile, die sich bei Verwendung komplementärer Transistoren in der Endstufe von NF-Verstärkern ergeben, wurde bereits im 1. Band der vorliegenden Buchreihe gesprochen.

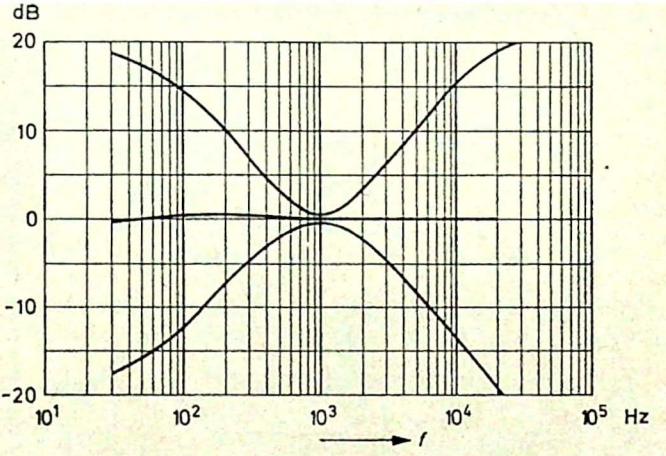


Bild 15: Frequenzgänge des Klangeinstellnetzwerkes der Schaltung Bild 14 (nach Unterlagen der Firma Intermetall)

Die Gesamtschaltung eines solchen Verstärkers ist in Bild 16 wiedergegeben. Das Eingangssignal wird in einer Vorstufe mit dem Transistor AC 151 spannungsverstärkt und anschließend einer Treiberstufe zugeleitet, die ebenfalls mit einem Transistor der Type AC 151 bestückt ist. Beide Stufen arbeiten in Emitterschaltung. Das Ausgangssignal der Treiberstufe gelangt zu den Basen der Transistoren AC 152 und AC 127, die in Kollektorschaltung, also als sogenannte Emitterfolger betrieben werden. Ihre Verstärkungskennlinien stimmen sehr gut überein, weshalb ohne viel Aufwand an Schaltmitteln ein geringer Klirrfaktor erzielt werden kann. Ein Teil des Ausgangssignals wird über einen Widerstand von 20 kΩ und einen Kondensator von 2 µF zur Basis des Treibertransistors zurückgeleitet, um eine Gegenkoppplung zu erreichen.

Der Verstärker besitzt eine sehr gute Empfindlichkeit. Zur Vollaussteuerung auf 1 W Ausgangsleistung ist eine Eingangsspannung von nicht mehr als 5,5 mV erforderlich. Die Ab-

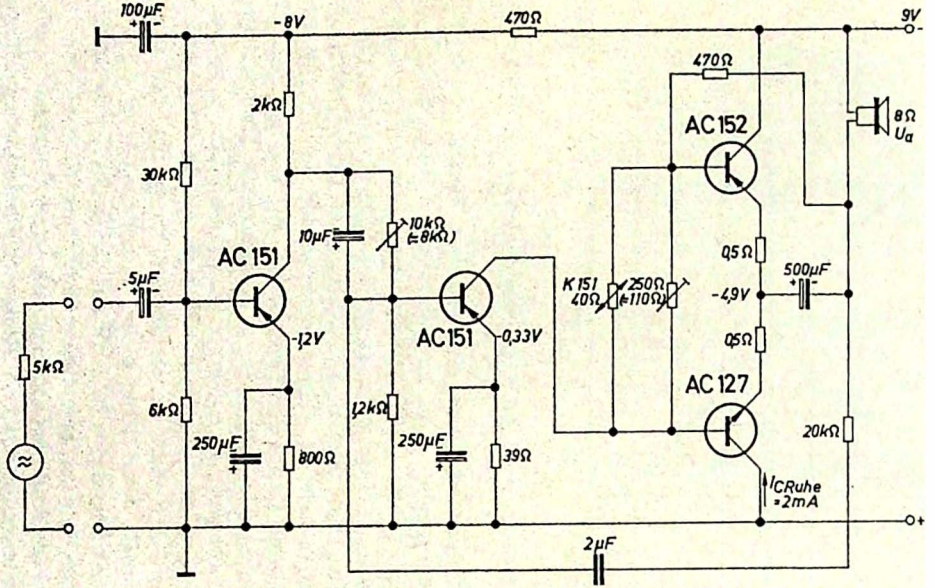


Bild 16: Eisenloser NF-Verstärker mit 1 W Ausgangsleistung (nach Unterlagen der Firma Siemens AG)

hängigkeit des Klirrfaktors von der jeweiligen Ausgangsleistung ist in dem Diagramm Bild 17 dargestellt. Die übrigen technischen Daten sind:

Batteriespannung	9 V
Eingangswiderstand	ca. 2 kΩ
Ausgangswiderstand	8 Ω
Ruhestrom der Endstufe	2 mA
Max. Umgebungstemperatur	60° C

Die beiden Endtransistoren sind auf einem gemeinsamen Kühlblech von 20 cm² anzuordnen (Aluminium 1,5 — 2 mm dick).

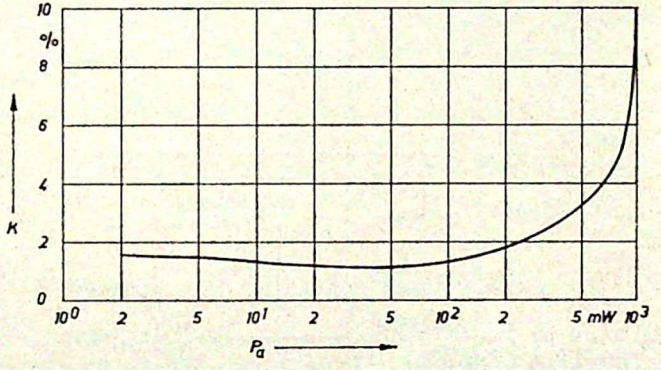


Bild 17: Klirrfaktor und Ausgangsleistung der Schaltung Bild 16 (nach Unterlagen der Firma Siemens AG)

8. Eisenloser NF-Verstärker für 3,6 W Ausgangsleistung

Der in Bild 18 wiedergegebene NF-Verstärker benötigt eine Betriebsspannung von 12 V, liefert jedoch eine Ausgangsleistung von maximal 3,6 W. Für diese Leistung wird eine Eingangsspannung von 150 mV gebraucht. Ist die zur Verfügung stehende Signalspannung wesentlich kleiner, kann der

Signalpegel durch eine NF-Vorstufe auf den erforderlichen Wert angehoben werden. Der Eingangswiderstand des Verstärkers beträgt 35 kΩ.

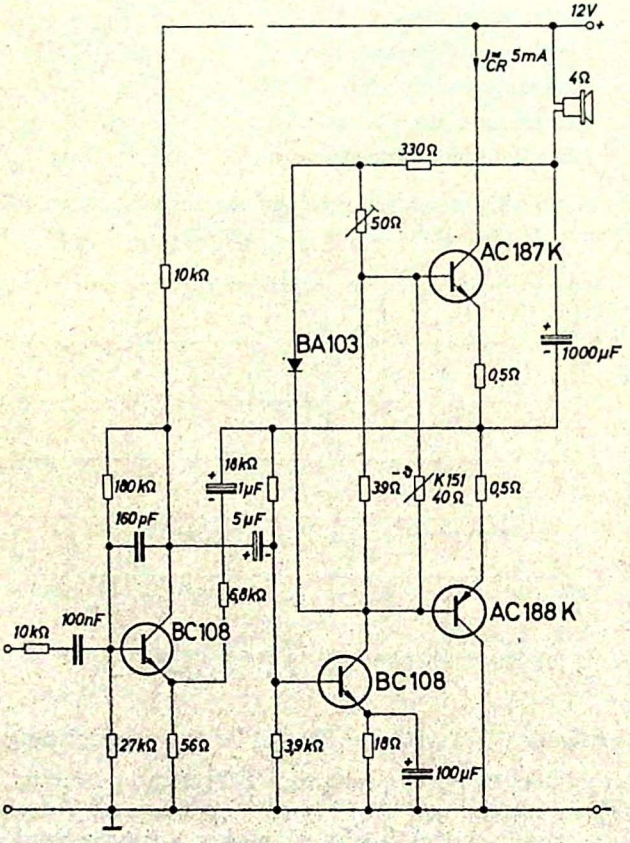


Bild 18: Eisenloser NF-Verstärker für 3,6 W Ausgangsleistung (nach Unterlagen der Firma Siemens AG)

Die erste Stufe ist zweifach gegengekoppelt. Hierdurch ergibt sich ein verhältnismäßig großer Frequenzbereich, der sich bei einem Abfall um 3 dB von 50 Hz bis zu 20 kHz erstreckt. Der eine Gegenkopplungszweig verläuft vom Kollektor des Eingangstransistors über einen 160-pF-Kondensator zur Basis, der zweite vom Verbindungspunkt der beiden 0,5-Ω-Widerderstände im Emitterkreis der Endstufentransistoren über einen Kondensator von 1 µF und einen Widerstand von 6,8 kΩ zum Emitter des Eingangstransistors.

Der Ruhestrom der Endstufe wird mit Hilfe eines Heißleiters der Type K 151 (40 Ω) temperatur- und mit einer in Leitrichtung arbeitenden Diode spannungskompensiert. Die Diode bewirkt, daß selbst bei Verwendung eines Netzgerätes mit relativ hohem Innenwiderstand die Spannung zwischen den Basen der Endtransistoren praktisch konstant bleibt.

Die Stromaufnahme des Verstärkers bewegt sich je nach dem Aussteuerungsgrad zwischen 23 und 440 mA. Der Klirrfaktor liegt bis zu einer Ausgangsleistung von 1 W unter 1%.

Der Heißleiter soll in möglichst gutem Wärmekontakt mit den Endstufen-Transistoren stehen.

9. Hi-Fi-Verstärker für 15 W Ausgangsleistung

„Hi-Fi" ist die Abkürzung für „high fidelity", was in freier Übersetzung so viel wie „höchste Wiedergabegüte" heißt. Ein Hi-Fi-Verstärker weist demnach eine außergewöhnlich hohe Qualität auf.

Bild 19 zeigt die Schaltung eines solchen Verstärkers. Der gegengekoppelte Eingangstransistor BC 107 wirkt auf eine Treiberstufe, die mit den Komplementär-Transistoren AC 127 und AC 152 bestückt ist. Dieser Stufe werden zwei gegenphasige Ausgangsspannungen entnommen, die die beiden p-n-p-Endtransistoren AD 167 ansteuern. Deren Ruhestromstabilisierung wird durch einen Heißleiter besorgt, der in der

Treiberstufe liegt. Er ist auf demselben Kühlblech wie die Endstufen-Transistoren zu montieren. Zur Spannungsstabilisierung wird eine Zenerdiode benutzt, wodurch sich eine noch bessere Wirksamkeit als mit der Diode BA 103 in der Schaltung Bild 18 ergibt.

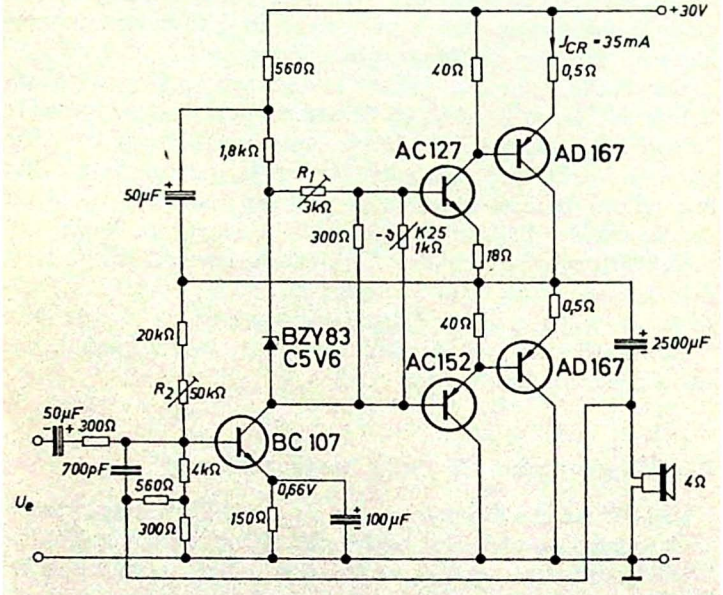


Bild 19: Hi-Fi-Verstärker für 15 W Ausgangsleistung (nach Unterlagen der Firma Siemens AG)

Der Frequenzgang des Verstärkers bewegt sich bei einem Abfall von 3 dB zwischen 10 Hz und 30 kHz. Innerhalb des Bereiches 100 Hz — 20 kHz ist der Klirrfaktor kleiner als 0,3 %, was eine außerordentlich hohe Übertragungsgüte bedeutet. Die weiteren Daten sind:

Betriebsspannung	30 V
Betriebsstrom	50 - 1000 mA
Eingangswiderstand	> 300 Ω
Lastwiderstand	4 Ω
Eingangsspannung für Vollaussteuerung	500 mV

Der verhältnismäßig niedrige Eingangswiderstand macht es in den meisten Anwendungsfällen erforderlich, dem Verstärker eine Impedanzwandlerstufe vorzuschalten.

10. Stabilisiertes Netzgerät 12 V, 1,5 A

Wegen der Unabhängigkeit der Ausgangsspannung von Belastungs- und Netzspannungsänderungen sowie wegen der weitgehenden Freiheit von Restwelligkeit sind stabilisierte Netzgeräte hervorragend geeignet, funktechnische und elektronische Geräte sowie Versuchsschaltungen zu speisen. Bild 20 zeigt die Schaltung eines solchen Netzgerätes, das für eine Ausgangsspannung von 12 V und eine Belastbarkeit bis zu 1,5 A ausgelegt ist. Die Spannung läßt sich mit Hilfe eines Potentiometers in gewissen Grenzen ändern.

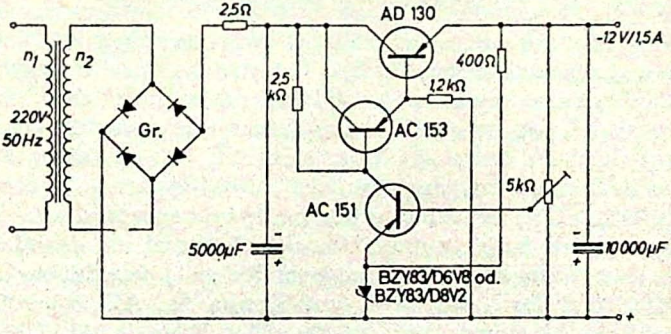


Bild 20: Stabilisiertes Netzgerät 12 V, 1,5 A
(nach Unterlagen der Firma Siemens AG)

Die Sekundärwicklung n 2 des Netztransformators gibt eine Wechselspannung von etwa 16 V ab, die in einer Brückenschaltung gleichgerichtet wird. Als Gleichrichter können entweder 4 Siliziumdioden oder ein Selen-Flachgleichrichter der Type B 30 C 2200 verwendet werden. Ein Ladekondensator von 5 000 µF besorgt die Glättung der Gleichspannung, die er zugleich bis nahezu auf den Spitzenwert der Wechselspannung ansteigen läßt. Die Sekundärwicklung muß deshalb für eine um rund 20% größere Belastung ausgelegt sein als der Gleichspannungsausgang. Man wird sie also so bemessen, daß sie 1,8 A abgeben kann.

Stellglied für die automatische Konstanthaltung der Ausgangsspannung ist der in den Längsweg geschaltete Leistungstransistor AD 130. An ihm ergibt sich ein Spannungsabfall, der als Kollektorspannung dient. Parallel zu den Ausgangsklemmen liegt ein Elektrolyt-Kondensator, der mit 10 000 µF eine verhältnismäßig große Kapazität besitzt. Seine Aufgabe ist, Spannungsspitzen und Rückströme auszugleichen, die durch Induktivitäten in dem angeschlossenen Verbraucher entstehen können. Darüber hinaus setzt er die Restwelligkeit noch mehr herab. Eine Z-Diode erzeugt die für den Steuertransistor AC 151 erforderliche Vergleichsspannung.

Die Wirkungsweise der Stabilisierung ist folgende: Steigt die Ausgangsspannung infolge Belastungs- oder Netzspannungsänderung etwas an, so erhöht sich zugleich der Spannungsabfall am unteren Teil des Trimmpotentiometers. Hierdurch wird die Basis des Transistors AC 151 negativer und sein Kollektorstrom, der über den 2,5-kΩ-Widerstand fließt, nimmt zu. Dies hat einen größeren Spannungsabfall am Widerstand zur Folge, womit sich das Potential an der Basis des Transistors AC 153 in positiver Richtung verschiebt. Der Widerstand der Kollektor-Emitter-Strecke des AC 153 steigt deshalb an, wodurch auch die Basis des Transistors AD 130 positiver wird. Der Widerstand seiner Kollektor-Emitter-

Strecke nimmt daher ebenfalls zu, so daß sich die Ausgangsspannung in kürzester Zeit wieder auf den früheren Wert einstellt. Die gewünschte Stabilisierung ist also erreicht.

Je größer der entnommene Strom ist, desto mehr Spannung fällt am 2,5-Ω-Widerstand im Längsweg ab. Um diesen Betrag vermindert sich die Kollektor-Emitter-Spannung des Transistors AD 130. Somit tritt an ihm eine weniger große Verlustleistung auf, als dies ohne den 2,5-Ω-Widerstand der Fall sein würde.

11. Stabilisiertes Netzgerät 0,5 — 30 V, 100 mA

In diesem Beispiel (Bild 21) ist die Schaltung eines geregelten Netzgerätes wiedergegeben, dessen Ausgangsspannung sich über einen verhältnismäßig großen Bereich hinweg verändern läßt. Der Netztransformator besitzt drei Wicklungen, von denen die Wicklung n2 36 V abgibt, n3 12 V und n4 60 V. Die hinter dem Selengleichrichter B 60 C 200 auftretende und durch den 250-µF-Kondensator geglättete Gleichspannung stellt die eigentliche Speisespannung dar. Sie wird über den Transistor AUY 19 und das 5-Ω-Potentiometer, an dem die Steuerspannung für die elektronische Sicherung abfällt, den Ausgangsklemmen zugeleitet. Der Transistor AUY 48 ist als Stromverstärker geschaltet und arbeitet auf den Längstransistor AUY 19. Die Wirkungsweise dieser Transistoren entspricht im Prinzip derjenigen der Transistoren AC 153 und AD 130 im vorigen Beispiel.

Der Gleichrichter B 30 C 250 liefert die Betriebsspannung für die elektronische Sicherung. Diese besteht aus einer Kippschaltung mit den Transistoren T 1 und T 2 und aus einer Verstärkerstufe mit dem Transistor T 3. T 1 und T 3 sind normalerweise gesperrt, so daß die Abschaltautomatik keinerlei Einfluß auf den Regelteil ausübt. Steigt jedoch der den Ausgangsklemmen entnommene Strom über das zulässige Maß

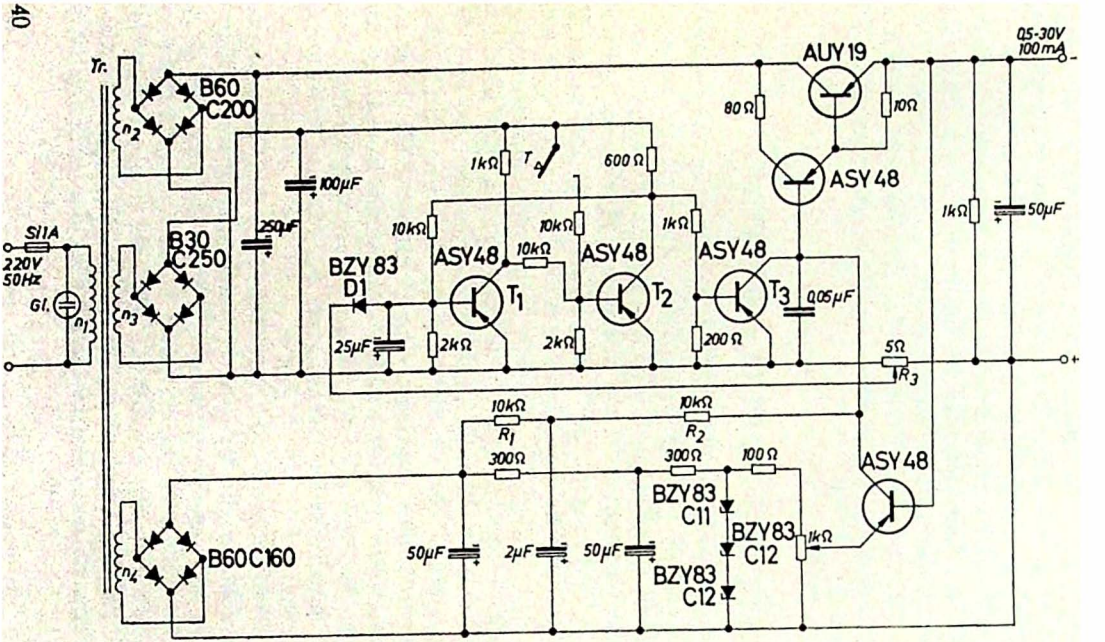


Bild 21: Stabilisiertes Netzgerät 0,5 — 30 V, 100 mA
(nach Unterlagen der Firma Siemens AG)

hinaus an, so erhöht sich die Spannung zwischen den Emittern von T 1 — T 3 einerseits und dem Schleifer des 5-Ω-Potentiometers andererseits derart, daß die Siliziumdiode D 1 durchschaltet. Hierdurch verschiebt sich das Basispotential von T 1 in negativer Richtung und T 1 wird leitend. Infolgedessen sperrt der Transistor T 2 und T 3 öffnet. Somit ergibt sich praktisch eine Verbindung der Basis des Transistors ASY 48 mit der Plusleitung, wodurch die Transistoren ASY 48 und AUY 19 völlig gesperrt und die Ausgangsklemmen spannungslos werden. Ist die Ursache des Überstromes dann beseitigt, kann man die Spannung durch Drücken des Tasters T wieder einschalten. Das 5-Ω-Potentiometer ist einmalig so einzustellen, daß ein Strom von 100 mA die Automatik ansprechen läßt.

Der Wicklung n 4 wird über den Gleichrichter B 60 C 160 die Versorgungsspannung für die drei Z-Dioden entnommen. Die stabilisierte Spannung gelangt über einen 100-Ω-Widerstand zum 1-kΩ-Potentiometer, das zum Einstellen der Vergleichsspannung für den Steuertransistor ASY 48 und somit zum Ändern der Ausgangsspannung dient. Weiterhin wird dem Gleichrichter B 60 C 160 die Kollektorspannung für den Steuertransistor und für den Transistor T 3 entnommen.

Der Netztransformator besitzt einen Kern M 55/20. Seine Primärwicklung besteht aus 2600 Wdg. 0,16 CuL, die Wicklung n 2 aus 450 Wdg. 0,35 CuL, n 3 aus 150 Wdg. 0,15 CuL und n 4 aus 750 Wdg. 0,15 CuL.

Die technischen Daten des Netzgerätes, soweit nicht schon angegeben, sind folgende:

Betriebsspannung	220 V ± 10 %
Betriebsstrom bei Vollast	73 mA
Spannungskonstanz zwischen Leerlauf und Vollast	1 %
Brummspannung bei Vollast	30 mV_{SS}

Die Kühlfläche für den Leistungstransistor AUY 19 muß mindestens 350 cm² betragen (beide Seiten des Kühlbleches gerechnet).

12. Einfaches Stromregelgerät

Für den Betrieb von Modelleisenbahnen und anderen technischen Spielzeugen werden kurzschlußfeste Speisegeräte benötigt. Da es gleichgültig ist, ob zur Änderung der Fahrtgeschwindigkeit die Ausgangsspannung oder der Ausgangsstrom beeinflußt wird, kann für solche Zwecke vorteilhaft ein Stromregelgerät benutzt werden. Es ist automatisch kurzschlußfest.

Die Schaltung eines solchen Gerätes ist in Bild 22 wiedergegeben. Die Wechselspannung der Transformatorwicklung n 2 in Höhe von etwa 20 V wird in einer Brückenschaltung gleichgerichtet. Auf einen Ladekondensator kann verzichtet werden, da der Grad der Welligkeit keine Rolle spielt. Am Ausgang des Gleichrichters stehen somit rund 16 V zur Verfügung.

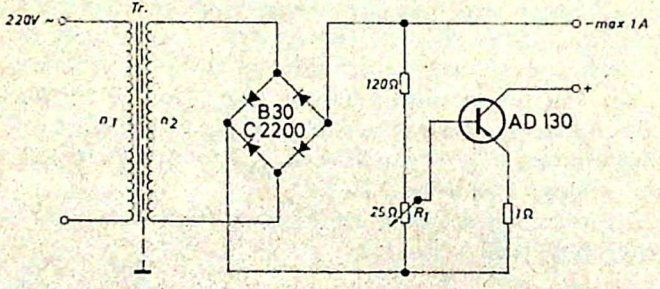


Bild 22: Einfaches Stromregelgerät
(nach Unterlagen der Firma Siemens AG)

Der Transistor erfüllt eine doppelte Aufgabe. Einmal arbeitet er als einstellbarer Vorwiderstand zum Ändern des Ausgangsstromes. Hierzu wird seine Basisspannung mit Hilfe eines

Potentiometers erhöht oder vermindert. Zweitens wirkt er als Stromstabilisator. Verringert sich aus irgendeinem Grunde bei gleichbleibender Potentiometereinstellung der Lastwiderstand, so müßte an sich in entsprechendem Maße der Laststrom zunehmen. Da dieser jedoch über den 1-Ω-Widerstand im Emitterkreis fließt, erhöht sich hieran der Spannungsabfall, wodurch die Basis positiver gegenüber dem Emitter wird. Der Innenwiderstand des Transistors nimmt zu, so daß in kürzester Zeit der Strom auf seinen früheren Wert zurückgeht. Er bleibt selbst im Kurzschlußfall auf rund 1 A begrenzt.

Der Netztransformator besitzt einen Kern M 65. Die Wicklung n 1 besteht aus 1600 Wdg. 0,25 CuL, Wicklung n 2 aus 150 Wdg. 0,8 CuL. Bei einem minimalen Lastwiderstand von 14 Ω läßt sich der Ausgangsstrom zwischen 0 und 1 A verändern. Für den Transistor ist ein Kühlblech von etwa 120x 120 mm vorzusehen.

13. Blinkschaltung mit einstellbarer Blinkfolge und -dauer

Die in Bild 23 wiedergegebene Blinkschaltung arbeitet mit einem selbstschwingenden oder astabilen Multivibrator. Die frequenzbestimmenden Widerstände und Kondensatoren sind unsymmetrisch bemessen, so daß sich unterschiedliche Hell- und Dunkelzeiten für die Glühlampe ergeben. Durch Verändern des Widerstandes R kann bei gleichbleibender Blinkdauer die Blinkfrequenz weitgehend variiert werden (Diagramm Bild 24 a). Die Leuchtdauer der Lampe wird durch den Kapazitätswert des Kondensators C bestimmt. Zahlenmäßig läßt sich das Abhängigkeitsverhältnis aus Bild 24 b ersehen.

Durch den verhältnismäßig großen Variationsbereich bezüglich Leuchtdauer und Blinkfolge ergeben sich vielseitige Anwendungsmöglichkeiten der Schaltung.

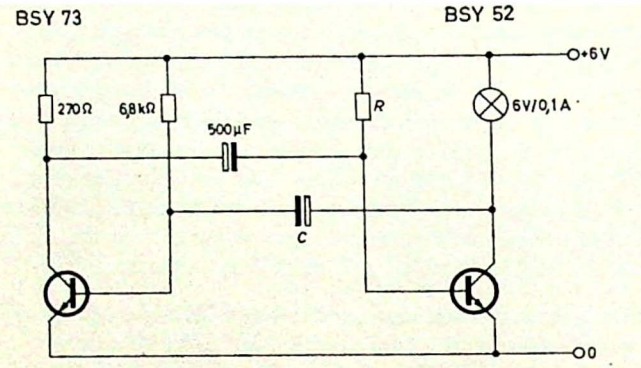
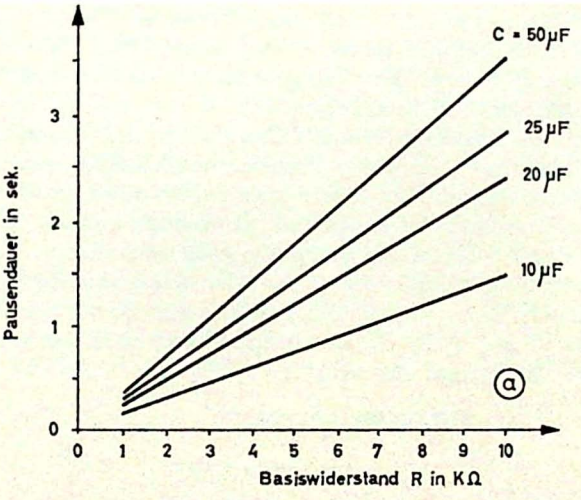


Bild 23: Blinkschaltung mit einstellbarer Blinkfolge und -dauer (nach Unterlagen der Firma Intermetall)

14. Blinkschaltung mit komplementären Transistoren

Im Gegensatz zu Bild 23 sind bei der Schaltung Bild 25 jeweils beide Transistoren gleichzeitig gesperrt oder geöffnet. Man spart auf diese Weise während der Pausenzeit Strom, was bei Batteriebetrieb vorteilhaft ist. Außerdem entfällt der zweite Elektrolyt-Kondensator.

Legt man Spannung an das Gerät an, so setzt ein Ladestrom auf den Kondensator C ein, der seinen Weg über die Glühlampe und über die Widerstände R 1 und R 2 nimmt. Die Basis des p-n-p-Transistors 2 N 2894 erhält hierdurch ein positives Potential gegenüber dem Emitter, so daß dieser Transistor und damit auch der n-p-n-Transistor BSY 52 zunächst sperren. Mit zunehmender Aufladung von C verschiebt sich das Basispotential des Transistors 2 N 2894 in negativer Richtung, wodurch er allmählich leitend wird. Sobald Kollektorstrom zu fließen beginnt, der zugleich Basisstrom des n-p-n-Transistors ist, wird letzterer durchgeschaltet und die Lampe leuchtet auf. Hierdurch sinkt die Kollektorspannung des BSY 52, so daß



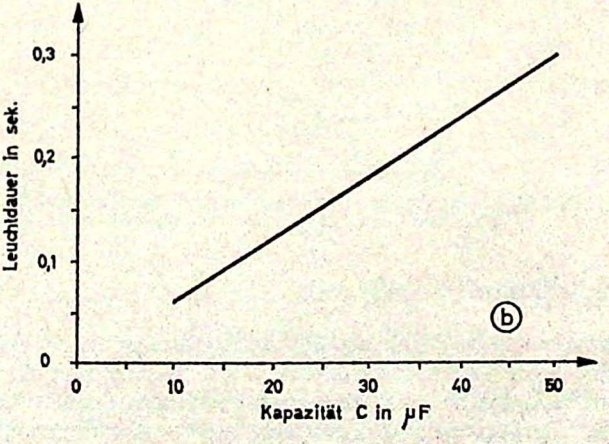


Bild 24: Pausen- und Leuchtdauer der Blinkschaltung Bild 23 in Abhängigkeit von R und C
(nach Unterlagen der Firma Intermetall)

über den Widerstand R 1 und den Kondensator C die Basis des 2 N 2894 stärker negativ wird und dieser Transistor schlagartig voll öffnet. Demzufolge nimmt auch der Transistor BSY 52 seine höchste Leitfähigkeit an.

Hat sich der Kondensator dann aber weitgehend umgeladen, geht der Basisstrom des p-n-p-Transistors schließlich auf einen solchen Wert zurück, daß dieser sperrt. Hierdurch wird auch der n-p-n-Transistor verriegelt und die Lampe erlischt. Einen Augenblick später setzt der ganze Vorgang von neuem ein.

Die Brenndauer der Lampe wird also bestimmt durch die Zeitkonstante R 1 · C und die Pausendauer durch die Zeitkonstante (R 1 + R 2) · C. Die Pausendauer muß daher stets größer als die Brenndauer sein.

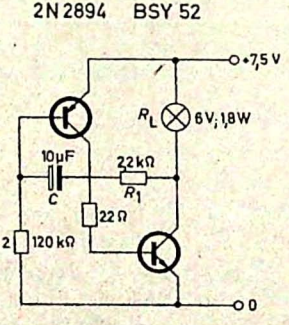


Bild 25: Blinkschaltung mit komplementären Transistoren (nach Unterlagen der Firma Intermetall)

15. Multivibrator für Prüfzwecke

Legt man an die Schaltung Bild 26 Spannung an, so führen zunächst beide Transistoren Strom. Diese Ströme können aber niemals völlig gleich sein, da ja auch die Daten der Transistoren und die Werte der Widerstände nicht vollkommen gleich sind. Es sei nun angenommen, daß anfangs im linken Tran-

sistor ein etwas größerer Strom fließe als im rechten. Hierdurch ergibt sich am Kollektor des linken Transistors eine geringfügige kleinere Spannung als am Kollektor des rechten, jeweils bezogen auf die Plusleitung. Durch den Ladestrom des Kondensators C (links) entsteht daher an der Basis des rechten Transistors ebenfalls eine geringere Spannung, so daß dessen Kollektorstrom zu sinken beginnt. Sein Kollektorpotential steigt daher an. Der Anstieg überträgt sich über den Kondensator C (rechts) auf die Basis des linken Transistors, womit hier der Kollektorstrom zunimmt. Die Folge ist, daß der des rechten noch mehr zurückgeht. Ursache und Wirkung lösen sich so gegenseitig ab, bis schließlich der erste Transistor völlig geöffnet und der zweite völlig gesperrt ist.

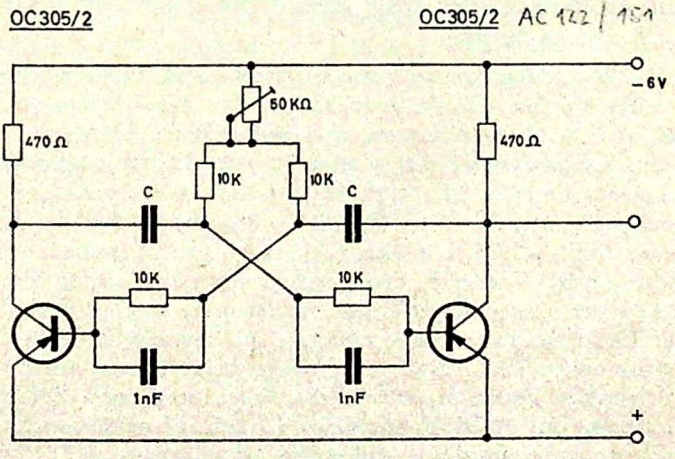


Bild 26: Multivibrator für Prüfzwecke
(nach Unterlagen der Firma Intermetall)

Kurz nach Erreichen dieses Zustandes nehmen die Kondensatoren keinen Ladestrom mehr auf. Die Basis des linken Transistors wird daher etwas positiver, die des rechten etwas

negativer, so daß letzterer einen kleinen Kollektorstrom zu führen beginnt. Infolgedessen fällt sein Kollektorpotential, wodurch auch die Basisspannung des linken Transistors abnimmt. Sein Kollektorstrom wird kleiner, und die Folge ist, daß nach kurzer Zeit der rechte Transistor vollen Strom führt, während der linke sperrt.

Diese Vorgänge wiederholen sich in rhytmischer Reihenfolge, wobei die Kollektorspannungen der beiden Transistoren abwechselnd steigen und fallen. Die Sprünge beanspruchen weniger als eine Mikrosekunde; die jeweiligen Schaltzustände bleiben indessen über längere Zeit erhalten. Ihre Dauer hängt von der Bemessung der Kondensatoren C und C ab. Werden ihre Werte gleich groß gewählt, so ergeben sich an den Kollektoren Rechteckimpulse von gleicher Breite der positiven und der negativen Scheitel.

Die Rechteckspannung kann zu Prüf- und Steuerzwecken benutzt werden. Durch Austauschen der Kondensatoren C läßt sich die Arbeitsfrequenz in weiten Grenzen ändern. Bei einem Kapazitätswert von je 10 000 µF ergibt sich eine Folgefrequenz von etwa $2{,}5 \cdot 10^{-3}$ Hz, was eine Periodendauer von rund 7 Minuten bedeutet. Bei C = 350 pF beträgt die Frequenz um 100 kHz. Die kurze Anstiegs- und Abfallzeit wird durch die RC-Glieder in den Basisleitungen der beiden Transistoren erreicht. Diese Glieder bewirken fernerhin, daß sich die Dachschräge der Rechteckimpulse auf weniger als 3 % des Spitzenwertes der Ausgangsspannung beläuft, und zwar innerhalb des gesamten Frequenzbereiches von neun Zehnerpotenzen. Das 50-kΩ-Potentiometer wird auf optimale Form der Ausgangsspannung eingestellt. Unterhalb von 30 kHz braucht es beim Umschalten auf andere Kapazitätswerte nicht nachjustiert zu werden.

16. Sperrschwinger

Ein Sperrschwinger ist ein Generator für kurze Impulse mit einem verhältnismäßig kleinen Quellwiderstand. Die Folgefrequenz läßt sich in einem weiten Bereich einstellen.

Ein Schaltungsbeispiel ist in Bild 27 wiedergegeben. Nach Einschalten der Speisespannung ladet sich der Kondensator C über den Widerstand R 1 auf. Hierdurch steigt über die Wicklung w 2 und den Widerstand R 2 das Basispotential in positiver Richtung an, so daß der Transistor Kollektorstrom zu führen beginnt. Dabei bildet sich an der Wicklung w 1 eine Spannung aus, die in der Wicklung w 2 eine Induktionsspannung entstehen läßt. Diese ist so gepolt, daß sich der Basisstrom vergrößert, wodurch der Transistor augenblicklich voll durchgesteuert wird. Die Induktionsspannung bewirkt zugleich, daß sich der Kondensator C mit umgekehrter Polung aufladet. Der Basisstrom entspricht jetzt dem Ladestrom des Kondensators, der nach einer e-Funktion abnimmt. Der Kollektorstrom wächst in kurzer Zeit so weit an, daß der Ferritkern des Übertragers magnetisch gesättigt wird. Die Spannung der

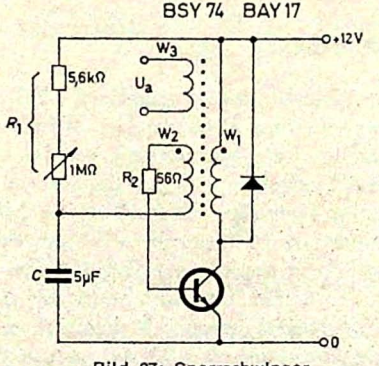


Bild 27: Sperrschwinger
(nach Unterlagen der Firma Intermetall)

Wicklung w 2 nimmt deshalb ab, bis schließlich der Transistor sperrt. In diesem Augenblick bricht das Magnetfeld zusammen, wobei die gespeicherte Energie über die Freilaufdiode einen Kurzschlußstrom in der Wicklung w 1 hervorruft, der sie in Wärme umsetzt. Der auf negative Spannung aufgeladene Kondensator hält den Transistor noch eine Weile gesperrt. Erst wenn C durch den über R 1 zufließenden Strom wieder bis zur Schwellspannung umgeladen ist, entsteht ein neuer Impuls.

Das Ausgangssignal kann entweder unmittelbar am Kollektor des Transistors oder an der Wicklung w 3 abgegriffen werden. Die Impulsdauer beträgt 0,5 ms, sofern man die Bauteile wie angegeben bemißt. Mit Hilfe des 1-MΩ-Potentiometers kann die Folgefrequenz zwischen 0,8 Hz und 120 Hz verändert werden. Kürzere Impulszeiten und höhere Frequenzen lassen sich durch kleinere Induktivitäten und kleinere Kapazitäten erreichen.

Der Übertrager besitzt einen Siferrit-Schalenkern der Type 1100 N 22, o. L., 22 ϕ x 13. Die Wicklung w 1 besteht aus 300 Wdg. 0,15 CuL, w 2 aus 150 Wdg. 0,15 CuL. Wicklung w 3 kann beliebig ausgeführt sein.

17. Zeitgeberschaltung 1 — 300 s

Die Schaltung (Bild 28) ist so ausgelegt, daß nach kurzzeitigem Drücken des Tasters T das Relais abfällt und nach Ablauf der eingestellten Verzögerungszeit wieder anzieht.

Wird die Betriebsspannung eingeschaltet, so ladet sich der 10-µF-Kondensator über die Widerstände 40 MΩ, 47 KΩ und 10 kΩ sowie über die Relaisspule auf. Hierdurch wird sein linker Belag zunächst negativ, so daß beide Transistoren sperren. Mit zunehmender Aufladung nimmt das negative Potential des linken Belages ab, wodurch die Basis des Transistors BSY 54 über die Siliziumdiode BAY 18 positiv gegenüber dem Emitter wird. Der Transistor beginnt daher durchzusteuern.

Dies hat zur Folge, daß auch im Transistor BSX 40 ein zunächst kleiner Kollektorstrom fließt. Das Kollektorpotential des BSX 40 verschiebt sich daher um einen geringen Betrag in positiver Richtung. Die Spannungsänderung wird über den Rückkopplungszweig 10 kΩ/10 µF sowie über die Diode auf die Basis des Transistors BSY 54 übertragen, so daß dieser und als Folge davon auch der Transistor BSX 40 weiter öffnen. Durch die gegenseitige Rückwirkung schaltet nach Ablauf von etwa 0,1 s der Transistor BSX 40 völlig durch, so daß das Relais A anzieht und sich über den Kontakt a selbst hält. Der Kondensator ladet sich nun in kurzer Zeit auf nahezu 24 V auf.

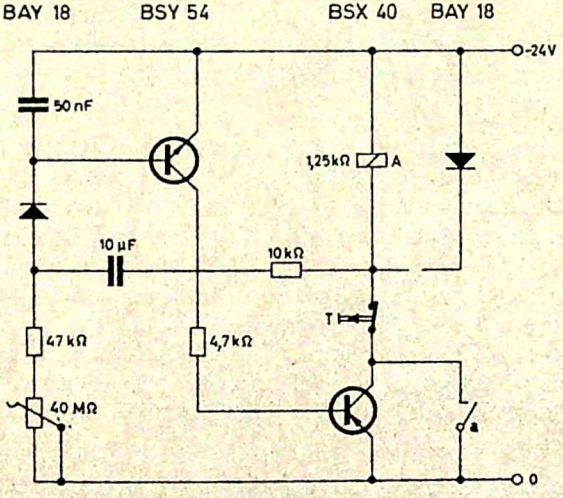


Bild 28: Zeitgeberschaltung 1 – 300 s
(nach Unterlagen der Firma Intermetall)

Betätigt man jetzt den Taster, so fällt das Relais ab. Gleichzeitig ergibt sich für den rechten Belag des 10-µF-Kondensators ein Spannungssprung auf –24 V. Durch die einsetzende

Umladung wird der linke Belag um 48 V negativer als die Plusleitung, das heißt um 24 V negativer als der Emitter des Transistors BSY 54. Diese Spannung teilt sich auf die jetzt in Sperrichtung beanspruchte Diode und auf die ebenfalls sperrende Basis-Emitter-Strecke des Transistors BSY 54 auf. Infolge der Teilung bleibt die auf die Basis-Emitter-Strecke entfallende Spannung unterhalb des maximal zulässigen Wertes. Der Transistor BSY 54 wird somit verriegelt, so daß auch der zweite Transistor sperrt.

Wie schon gesagt, ladet sich der 10-µF-Kondenstaor jetzt um, was je nach der Einstellung des 40-MΩ-Widerstandes schneller oder langsamer geschieht. Ist schließlich der linke Belag um etwa 1,5 V positiver als die Leitung „—24 V" geworden, beginnt Basisstrom zu fließen. Beide Transistoren kippen in den leitenden Zustand um und das Relais zieht wieder an.

Mit den angegebenen Werten beträgt die Verzögerungszeit zwischen 1 und 300 Sekunden. Zeitabweichungen können durch den Sperrstrom der Diode, den Isolationswiderstand des 10-µF-Kondensators und die Temperaturabhängigkeit der Transistoren verursacht werden. Bei einer Bemessung gemäß Bild 28 bedingen die Halbleiterbauelemente im Temperaturbereich von 0 bis + 50° C einen Fehler von rund 5 %, wenn die längste Zeit eingestellt ist. Der Einfluß des Kondenstators ist etwa gleich groß. Es sollte für ihn nur eine hochwertige Ausführung benutzt werden. Ein Elektrolyt-Kondensator ist ungeeignet.

Eine Vergrößerung des Kapazitätswertes auf 20 µF verdoppelt die Verzögerungszeit, zugleich aber auch den leckstrombedingten Zeitfehler. Bei Verwendung eines Kondensators mit extrem hohem Isolationswiderstand und einer ausgesuchten Diode mit sehr kleinem Sperrstrom läßt sich die Verzögerungszeit bis zu 30 Minuten steigern. Hierzu ist ein

Kondensator von 27 µF und ein zeitbestimmender Widerstand von 100 MΩ zu wählen.

Das Relais ist eine 24-V-Type mit einem Spulenwiderstand von wenigstens 250 Ω, wie zum Beispiel das Siemens-Kammrelais Trls 154 d, TBv 65 422/97 d. Es muß außer dem Selbsthaltekontakt noch mindestens einen weiteren Kontakt für den eigentlichen Steuerzweck besitzen. Die der Relaisspule parallel liegende Diode dient zum Vernichten der Selbstinduktionsspannung, die beim Abschalten des Spulenstromes auftritt.

18. Periodischer Zweizeitengeber

Bei dieser Schaltung (Bild 29) können die Zeit, während der das Relais angezogen ist, und diejenige Zeit, während der es abgefallen ist, unabhängig voneinander im Bereich 1 — 100 s verändert werden. Die Zeiten hängen von der Auf- bzw. Entladung zweier Kondensatoren ab. Die Kondensatorspannung steuert über eine Emitterfolgerstufe einen sogenannten Schmitt-Trigger, dessen zweiter Transistor kollektorseitig auf das Relais arbeitet. Parallel zur Relaisspule liegt ein 2,2-kΩ-Widerstand, der beim Abschalten die Selbstinduktionsspannung begrenzt. Der 2-µF-Kondensator im Kollektorkreis des Transistors OC 307 III verhindert ein Flattern des Relais beim Abfallen.

Die gezeichnete Stellung der Relais-Hilfskontakte a 1 und a 2 gilt für den ausgeschalteten Zustand. Wird die Betriebsspannung angelegt, so sperren die Transistoren OC 469 und OC 307 III, während der Transistor ASY 14 III leitet. Das Relais A zieht also an und die Kontakte a 1 und a 2 werden umgeschaltet. Hierdurch ladet sich der linke 500-µF-Kondensator über das Potentiometer „an" und den 2,2-kΩ-Widerstand auf, der rechte über den 27-Ω-Widerstand. Dieser Widerstand dient lediglich zur Ladestrombegrenzung. Er hat einen

so kleinen Wert, daß der Kondensator sich praktisch sofort auf 24 V auflädet.

Die Ladezeit des linken 500-µF-Kondensators hängt von der Einstellung des Potentiometers „an" ab. Hat sich die Kondensatorspannung genügend erhöht, wird der Transistor OC 469 leitend, so daß auch der Transistor OC 307 III durchzusteuern beginnt. Hierdurch vermindert sich der Kollektorstrom des dritten Transistors. Infolge der emitterseitigen Rückkopplung steigt der Strom des zweiten weiterhin an, während der

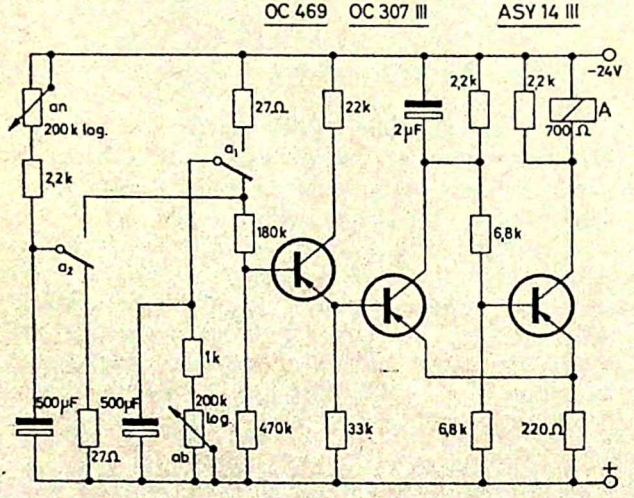


Bild 29: Periodischer Zweizeitengeber
(nach Unterlagen der Firma Intermetall)

des dritten noch mehr fällt. Auf diese Weise wird der ASY 14 III in kürzester Zeit völlig gesperrt und das Relais fällt ab. Seine Kontakte nehmen jetzt wieder die im Schaltbild gezeichneten Stellungen ein.

Der auf — 24 V aufgeladene obere Belag des rechten 500-µF-Kondensators erhält also über den 180-kΩ-Widerstand Ver-

bindung mit der Basis des ersten Transistors, so daß dieser weiterhin im leitenden Zustand verbleibt. Je nach der Einstellung des Potentiometers „ab" geht jedoch die Spannung am Kondensator in kürzerer oder in längerer Zeit durch Entladung schließlich auf einen solchen Wert zurück, daß der OC 469 keinen Basisstrom mehr erhält. Der erste und der zweite Transistor sperren daher und das Relais zieht wieder an. Dieser Kreislauf wiederholt sich dann stets von neuem.

Werden positiv logarithmische Potentiometer benutzt, lassen sich auch die kleinen Zeiten gut einstellen. Dazu sind die Potentiometer so anzuschließen, daß bei Drehung im Uhrzeigersinn die Zeiten länger werden. Als Relais eignet sich jede 24-V-Ausführung mit einem Spulenwiderstand ab 250 Ω, sofern genügend Kontakte vorhanden sind.

19. Lichtschranke

Die Lichtschranke Bild 30 ist so geschaltet, daß ein Relais oder ein Zählwerk immer dann anspricht, wenn ein auf die Fotodiode APY 12 gerichteter Lichtstrahl unterbrochen wird. Diese Diode und der 100-kΩ-Widerstand bilden einen Spannungsteiler für die Basis des ersten Transistors. Solange sie

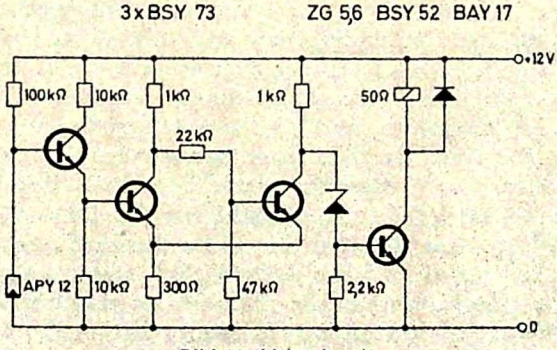


Bild 30: Lichtschranke
(nach Unterlagen der Firma Intermetall)

belichtet wird, ist sie niederohmig, so daß der Transistor sperrt. Damit sperrt auch der erste Transistor des nachfolgenden Schmitt-Triggers, so daß dessen zweiter leitet. Hierdurch wird der Basis des letzten Transistors über die Zenerdiode eine unter dem Ansprechwert liegende Spannung zugeführt. Dieser Transistor sperrt daher.

Bei Unterbrechung des Lichtstrahls nimmt die Fotodiode einen sehr hohen Widerstand an, wodurch der zugehörige Transistor in den leitenden Zustand versetzt wird. Über den Schmitt-Trigger erhält jetzt der letzte Transistor eine positive Basisspannung und das Relais zieht an. (Der Schmitt-Trigger bewirkt, daß auch bei langsamem Abdunkeln bzw. Aufhellen der Fotodiode das Relais stets schlagartig anspricht).

Die Schaltung kann für Zähl- und Überwachungszwecke, beispielsweise in Alarmanlagen, benutzt werden. Als Fotodiode ist gleichfalls die Type TP 50 geeignet. Der Widerstand der Relaiswicklung kann auch größer als 50 Ω sein; es wird ein Relais mit einer Ansprechspannung von 12 V benötigt.

20. Temperaturschalter

In Bild 31 ist ein Temperaturschalter wiedergegeben, der sich sowohl zur Heizungsregelung in Wohnräumen als auch für viele andere Zwecke eignet, beispielsweise als Temperatursicherung. Sollen größere Leistungen geschaltet werden, die das Schaltvermögen des Relais übersteigen, kann man ihm als Zwischenglied ein Schütz entsprechender Belastbarkeit nachschalten. Der Temperaturbereich ist mittels des Widerstandes R 1 einstellbar und erstreckt sich von 20 — 40° C.

Die Widerstände R 1 und R 2 sowie der Heißleiter bilden einen Teiler für die von der Z-Diode D 1 stabilisierte Spannung. Liegt die Temperatur unterhalb des eingestellten Wertes, so erhält die Basis des ersten Transistors infolge des höheren Heißleiterwiderstandes eine verhältnismäßig große Spannung.

Der Transistor leitet daher und hält den zweiten gesperrt. Das Relais bleibt somit unerregt. Damit in diesem Schaltzustand die Heizung arbeiten kann, wird sie über einen Ruhekontakt des Relais gespeist.

Mit zunehmender Temperatur verringert sich der Widerstandswert des Heißleiters, so daß auch die Basisspannung abnimmt. Ist der eingestellte Temperaturwert erreicht, schaltet der erste Transistor in den gesperrten Zusand um, womit der zweite schlagartig öffnet und das Relais anzieht. Die Heizung wird daher über den Ruhekontakt abgeschaltet.

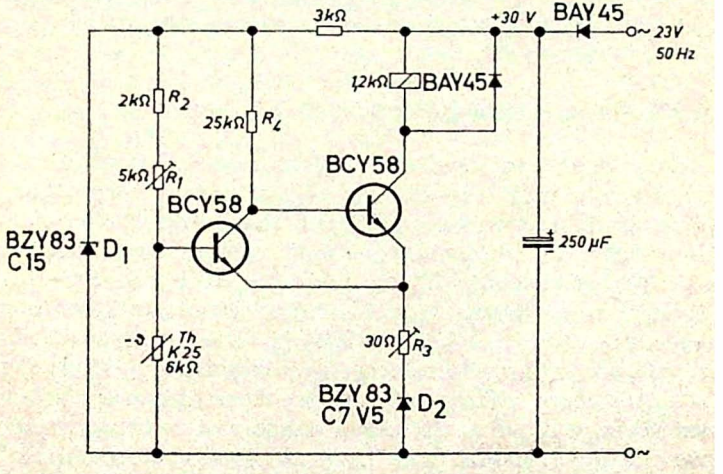


Bild 31: Temperaturschalter
(nach Unterlagen der Firma Siemens AG)

Der hier gewählte Schaltsinn hat den Vorteil, daß der als Meßfühler wirkende Heißleiter auf Nullpotential liegen kann. Die Arbeitsweise läßt sich aber auch umkehren, indem man die Widerstände R1 und R 2 sowie den Heißleiter gegeneinander vertauscht. In diesem Fall zieht das Relais bei Temperaturen unterhalb des Sollwertes an.

Mit dem Widerstand R 3 kann die Schaltgenauigkeit eingestellt werden. Beim Höchstwert von 30 Ω ergibt sich eine Genauigkeit von ± 3° C, bei R 3 = 0 eine solche von ± 0,6° C.

Die Zenerdiode D 1 ist auf ein Kühlblech zu setzen, damit ihre Betriebstemperatur niedrig bleibt. Da die Zenerspannung temperaturabhängig ist, ändert sich mit der Betriebstemperatur die Regelgenauigkeit der Schaltung.

Als Betriebsspannung kann entweder eine Gleichspannung von etwa 30 V oder eine Wechselspannung von 23 — 24 V benutzt werden. Im zweiten Fall sind noch ein Gleichrichter und ein Ladekondensator von 250 µF vorzusehen.

21. Gleichspannungswandler 1,5/140 V

Unter Spannungswandlern versteht man bekanntlich Einrichtungen zum Hinauf- bzw. Hinabsetzen von Spannungen. So ist der Transformator ein Wechselspannungswandler. Zum Umwandeln von Gleichspannung muß man aus dieser zunächst eine Wechselspannung bilden, was mit Hilfe von Schwingschaltungen geschieht. Hierzu können Sperrschwinger und sogenannte Zerhacker benutzt werden. Die erhaltene Wechselspannung ist zwar keineswegs sinusförmig, doch spielt dies in den meisten Fällen keine Rolle. Sperrschwinger liefern nadelförmige Impulse, Zerhacker annähernd rechteckförmige. Diese Impulse werden auf- bzw. abwärtstransformiert und dann gleichgerichtet.

Bild 32 zeigt die Schaltung eines solchen Gleichspannungswandlers, mit dem aus einer 1,5-V-Monozelle 140 V erzeugt werden können. Diese Spannung dient zum Speisen einer Glimmlampe für Prüfzwecke. Zum Anschließen der Prüfschnüre sind in den Lampenkreis zwei Buchsen einzubauen. Man erhält so ein netzunabhängiges Durchgangs- und Kondensatorprüfgerät (vgl. Band 2, Abschn. 1, Kap. 2 u. 6).

Die Schaltung arbeitet als Sperrschwinger. Ihre Wirkungsweise ist somit im Prinzip die gleiche wie schon in Kap. 16 beschrieben. Von einer Besprechung kann daher abgesehen werden. Der Transformator besitzt einen Siferrit-Schalenkern B 65 541-K 0000-R 026. Die Wicklung n 1 besteht aus 12 Wdg. 0,28 CuL, n 2 aus 10 Wdg. 0,18 CuL und n 3 aus 300 Wdg. 0,1 CuL. Auffällig ist, daß zwischen den Wicklungen n 1 und n 3 ein Übersetzungsverhältnis von nur 12: 300 = 1:25 besteht, trotzdem aber in der Ausgangswicklung eine Wechselspannung von rund 100 V auftritt, die am Ladesondensator eine Gleichspannung von 140 V ergibt. Auf die Batteriespannung bezogen, bedeutet dies eine Spannungsübersetzung im Verhältnis von fast 1:100. Die Erklärung liegt darin, daß durch die steilen Anstiegs- und Abfallflanken der Impulse eine höhere Sekundärspannung als bei sinusförmiger Wechselspannung auftritt.

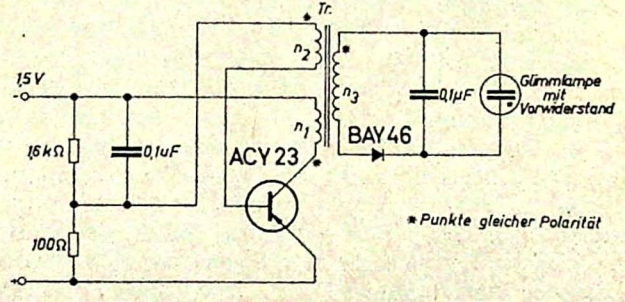


Bild 32: Gleichspannungswandler 1,5/140 V
(nach Unterlagen der Firma Siemens AG)

Die Schaltung kann nur dann schwingen, wenn die Spulen n 1 und n 2 phasenrichtig angeschlossen sind. Um beim Anschließen keine Verwechslung entstehen zu lassen, sind im Schaltbild die Punkte gleicher Impulspolarität durch einen Stern gekennzeichnet. Alle drei Spulen werden am besten im

gleichen Sinn gewickelt. Bildet der Kollektoranschluß von n 1 den Wicklungsumfang, so muß der Basisanschluß von n 2 das Wicklungsende darstellen. Die Polung der Spule n 3 kann an sich beliebig sein. Sollte die Schaltung nicht schwingen, weil sich eben doch ein Fehler eingeschlichen hat, müssen die Anschlüsse der Spule n 1 oder der Spule n 2 vertauscht werden. Die Anschlüsse beider Spulen darf man jedoch nicht umpolen.

Der entnehmbare Gleichstrom beträgt 0,5 mA, was zum Betrieb einer kleinen Glimmlampe ausreicht. Hierbei wird die Monozelle mit 100 mA belastet. Dies bedeutet einen Wirkungsgrad von fast 50%. Die Impuls-Folgefrequenz liegt bei 25 kHz.

22. Spannungswandler für Fotoblitzgerät

Dieser Spannungswandler (Bild 33) enthält als ersten Transistor eine Leistungstype. Nach Einschalten der Betriebsspannung leitet zunächst Transistor 2, womit die Basis von Transistor 1 negativ wird. Dieser öffnet und an der Wicklung w 1 — die Wicklungen w 1, w 2 und w 3 befinden sich auf einem gemeinsamen Kern — entsteht eine Spannung. Das sich aufbauende Magnetfeld wirkt auf die Spule w 2 ein, so daß in ihr eine Induktionsspannung auftritt. Sie läßt die Basis des Transistors 2 stärker positiv werden, so daß dieser und damit auch Transistor 1 noch mehr öffnen. Hat der Kollektorstrom des letzteren seinen höchsten Wert erreicht, nimmt die Spannung der Wicklung w 2 wieder ab, womit die Kollektorströme beider Transistoren gleichfalls abnehmen. Durch das jetzt schwächer werdende Magnetfeld kehrt sich die Polarität der Spannung an w 2 um, so daß in kurzer Zeit beide Transistoren sperren. Ist die Induktionsspannung an w 2 schließlich abgeklungen, öffnet Transistor 2 abermals und der geschilderte Vorgang beginnt von vorn.

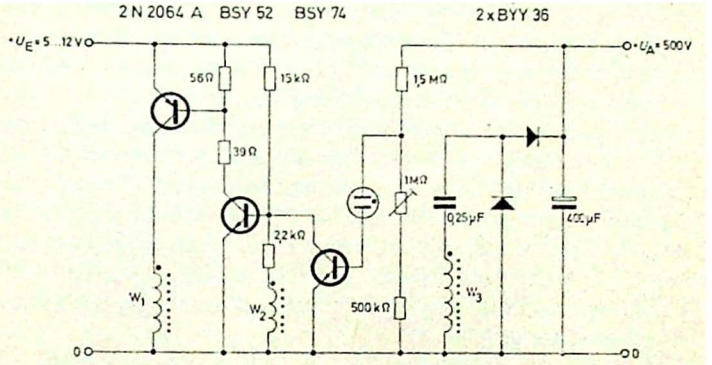


Bild 33: Spannungswandler für Fotoblitzgerät
(nach Unterlagen der Firma Intermetall)

In der Wicklung w 3 entsteht hierbei eine entsprechend höhere Spannung. Sie wird in Verdopplerschaltung gleichgerichtet und ladet den Blitzkondensator auf. Hat dessen Spannung den gewünschten Endwert erreicht, der von der Einstellung des 1-MΩ-Widerstandes abhängt und um 500 V beträgt, zündet die Glimmlampe und zeigt die Blitzbereitschaft an. Hierdurch wird Transistor 3 leitend, so daß die Transistoren 2 und 1 sperren. Die Schwingungen setzen aus und die Stromaufnahme des Wandlers geht praktisch auf null zurück. Somit ergibt sich während der Bereitschaftszeit eine äußerst sparsame Betriebsweise mit nur kurzen Nachladestößen, die durch die geringe Entladung des Kondensators über die drei Widerstände, durch seine Eigenentladung und durch den Glimmlampenstrom bedingt sind. Hierbei schwingt der Oszillator jeweils für Bruchteile von Sekunden wieder an, während die Pausen 10 — 20 Sekunden dauern. Nach dem Blitzen erfolgt automatisch die Neuaufladung des Kondensators.

Die Kapazität des Blitzkondensators kann auch kleiner als 400 µF sein. Beträgt sie 100 µF, dauert die Aufladung auf

500 V bei 5 V Eingangsspannung ca. 18 s, bei 12 V Eingangsspannung 5 s. Dementsprechend ergeben sich je nach dem Wert der Speisespannung für eine Kapazität von 400 µF Aufladezeiten zwischen etwa 20 und 70 s.

Als Glimmlampe eignet sich eine Ausführung mit ungefähr 150 V Brennspannung. Ihr minimaler Brennstrom soll möglichst hoch sein. Die Typenbezeichnung des Transformatorkerns lautet: EE 42, Siferrit 2000 T 26, 0,5 mm Luftspalt. Die Wicklung w 1 besitzt 44 Wdg. 1 mm CuL, Wicklung w 2 20 Wdg. 0,2 CuL und Wicklung w 3 1320 Wdg. 0,2 CuL. Die Punkte im Schaltbild an den Spulenanschlüssen deuten gleiche Impulspolarität an.

C. Praktischer Gerätebau

1. Das Schaltbild

Rundfunk- und elektronische Geräte werden vom Praktiker in der Regel nach einem Schaltplan gebaut, der Büchern, Fachzeitschriften oder Firmendruckschriften entstammt. Ein solcher Schaltplan läßt zwar in allen Einzelheiten und absolut eindeutig erkennen, wie die verschiedenen Einzelteile des betreffenden Gerätes leitungsmäßig zu verbinden sind, sagt aber unmittelbar noch nichts über dessen Wirkungsweise und darüber aus, welche elektrischen Vorgänge sich in ihm abspielen. Um hierüber Aussagen zu machen, bedarf es außer der Zeichnung noch der Sprache. Viele Schaltungsveröffentlichungen sind deshalb, mehr oder weniger ausführlich, durch textliche Erläuterungen abgerundet. Wo dies nicht oder nur in großen Zügen der Fall ist, sollte der Praktiker zunächst versuchen, sich selbst so weit in die Schaltung hineinzudenken, daß er

ihre Arbeitsweise wenigstens annähernd versteht. Es verursacht immer ein etwas unbefriedigendes Gefühl, ein Gerät gebaut zu haben, das zwar einwandfrei funktionieren mag, dessen Wirkungsweise jedoch nicht richtig übersehen wird. Man ist dann hinterher selbst etwas überrascht, daß es wirklich „geht". Arbeitet die Schaltung nach der Fertigstellung indessen nicht oder nur unvollkommen, so steht der Erbauer vor einer noch unangenehmeren Situation. Dann muß er das nachholen, was er vorher versäumt hatte, und womöglich noch einen Teil des Aufbaues ändern, weil er Gesichtspunkte nicht beachtet hatte, die ihm bei Verstehen der Schaltung ohne weiteres gegenwärtig gewesen wären. Es bedarf keiner Frage, daß schaltungstechnisches Denken ein gewisses Maß an theoretischem Wissen voraussetzt. Dieses kann aber erworben werden. Es ist besser, ein komplizierteres Gerät vorerst noch nicht zu bauen und sich stattdessen zunächst in seine Wirkungweise hineinzuversetzen, als wegen fehlender Kenntnisse zum Schluß eine Enttäuschung zu erleben, die oftmals noch mit geldlichen Verlusten verbunden ist.

Nahezu alle Schaltbilder enthalten Angaben über die Ohm- bzw. Kapazitätswerte der Widerstände und Kondensatoren. Nicht immer sind jedoch die erforderlichen Belastbarkeiten bzw. Spannungsfestigkeiten genannt. Diese können aber vom Praktiker verhältnismäßig leicht durch eine Überschlagsrechnung ermittelt werden, wobei man die sich ergebenden Daten großzügig nach oben aufrundet. Hierzu braucht in grober Annäherung lediglich geschätzt bzw. nach den Gesetzen der Spannungsteilung berechnet zu werden, welche Spannung (Teilspannung) an dem betreffenden Widerstand oder Kondensator anliegt. Die Belastbarkeit der Widerstände ergibt sich dann nach der bekannten Formel $P = \frac{U^2}{R}$, während die Spannungsfestigkeit der Kondensatoren unmittelbar dem jeweils gefundenen Spannungswert entspricht. Soweit die Emit-

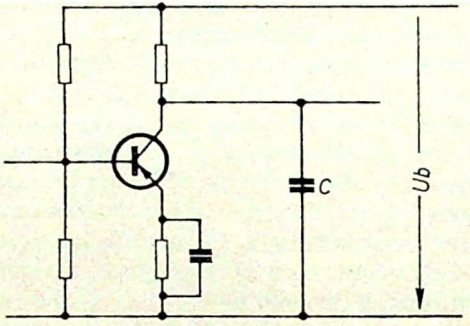


Bild 34: Zur Bestimmung der für einen Kondensator erforderlichen Spannungsfestigkeit

ter-Kollektor-Strecke eines Transistors in die Spannungsteilerkette mit einbezogen ist (Bild 34), rechnet man ihr im leitenden Zustand einen Spannungsfall von etwa 3 V zu. Bei gesperrtem Transistor indessen verhält sich diese Strecke nahezu wie ein unendlich großer Widerstand, so daß am Kondensator C die gesamte Betriebsspannung Ub anliegt. Beim Ermitteln der für Potentiometer erforderlichen Belastbarkeit ist noch der Nebenschluß am Schleifer zu berücksichtigen, sofern über den Abgriff ein Strom fließt und nicht nur eine Basis- bzw. Gittervorspannung abgenommen wird.

2. Auswahl der Einzelteile

Ist man sich über die Wirkungsweise des zu bauenden Gerätes klargeworden und sind alle Daten der benötigten Einzelteile bekannt, beginnt man mit deren Auswahl, die entweder aus einem schon vorhandenen Materialbestand oder nach den Angebotslisten einschlägiger Handelsfirmen erfolgt. Der Praktiker wird nach Möglichkeit darauf bedacht sein, nur einheitliche Teile zu verwenden. Er sollte beispielsweise keine

Röhrenfassungen oder Lötleisten verschiedener Typen benutzen, weil solche sich oftmals nicht nur im Aussehen, sondern auch in den Abmessungen unterscheiden. Es würde sonst ein optisch etwas ungünstiges Bild entstehen. Außerdem müßte man für an sich gleiche Teile unterschiedlich große Löcher und Durchbrüche herstellen, was das Messen und Anreißen beim mechanischen Aufbau erschweren würde.

Besondere Aufmerksamkeit bei der Wahl der Bauteile ist den Stufenschaltern zuzuwenden. Es gibt hier sogenannte kurzschließende und unterbrechende Ausführungen. Die erstgenannte Art ist so ausgebildet, daß während des Schaltens zwei benachbarte Kontakte durch den beweglichen Pol kurzzeitig überbrückt werden (Bild 35a). Bei der zweiten Art hingegen hat der Pol für einen kurzen Augenblick mit keinem der Kontakte Verbindung (Bild 35 b). Kurzschließende Schalter sind zum Beispiel nicht zum Umschalten von Spannungen geeignet, die einem Transformator mit mehreren Wicklungsanzapfungen entnommen werden. Es würde dann nämlich jedesmal ein mehr oder weniger kräftiger Funke entstehen, der die Kontakte bald zerstörte. Diese Schalter sind aber dort richtig, wo etwa das Steuergitter einer Röhre oder die Basis eines Transistors auf verschiedene Punkte umzuschalten ist, die nur eine geringe Spannung gegeneinander aufweisen oder zwischen denen keine ausgesprochen niederohmige Verbindung wie zwischen den Anzapfungen einer Transformatorwicklung besteht. Benutzte man hier einen unterbrechenden Schalter, so würde wegen des kurzzeitig offenen Gitters bzw. der offenen Basis bei jedem Umschalten ein Brummspannungsstoß entstehen.

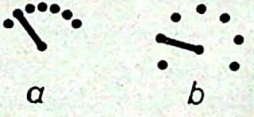


Bild 35: Kurzschließender und unterbrechender Stufenschalter

3. Mechanischer Aufbau

Mit dem mechanischen Aufbau eines Gerätes sollte erst dann begonnen werden, wenn alle benötigten Bauteile vorhanden sind. Erst jetzt kennt man nämlich ihre genauen Abmessungen und läuft nicht Gefahr, beim Anreißen des Chassis für dieses oder jenes Teil zu wenig Platz vorzusehen.

Man gruppiert die Bauelemente versuchsweise zunächst auf einem Stück Papier, um so die Maße zu ermitteln, die für die Aufbauplatte erforderlich sind. Nach Möglichkeit wird man die Teile so anordnen, wie es dem Zuge des Schaltplans entspricht, weil sich dann sehr kurze Leitungen ergeben. Müßte so das Chassis jedoch zu lang und zu schmal werden, unterteilt man den Aufbau in zwei zueinander parallel verlaufende Hälften, wobei man von der Mitte des Schaltplans aus die Richtung umkehrt. Das Schema dazu ist in Bild 36 angegeben. Ein Beibehalten der Richtung würde ein Rückschleifen der Leitung bedingen und damit an dieser Stelle die Verdrahtung zu lang werden lassen. Selbstverständlich kann man die einzelnen Baustufen von der in Bild 36 gezeigten Linie aus abwechselnd auch etwas nach links und nach rechts versetzen. Um zu vermeiden, daß der hin- und der rücklaufende Teil der Schaltung aufeinander koppeln, kann man sie durch ein Stück Blech voneinander abschirmen.

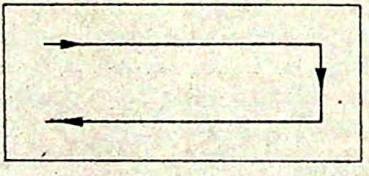


Bild 36: Schema für Geräteaufbau

Über das Herstellen der Löcher und Durchbrüche im Chassis wurde bereits im 2. Band der vorliegenden Buchreihe gesprochen, weshalb diese Arbeit hier übergangen werden kann.

Potentiometer und Stufenschalter besitzen in der Regel an ihrer Auflagefläche eine kleine Erhebung, die oft als „Nase" bezeichnet wird. Sie dient als Verdrehungsschutz und darf deshalb keineswegs entfernt werden. Zu ihrer Aufnahme im Chassis wird der Rand des Befestigungsloches so weit ausgefeilt, daß sie ohne nennnswerten Spielraum in den entstandenen Schlitz hineinpaßt.

Bei der Montage von Elektrolyt-Kondensatoren, die für Zentralbefestigung eingerichtet sind, ist zu beachten, daß der metallene Becher zugleich den Minuspol bildet. Sofern dieser Pol nicht auf Massepotential liegt, sind solche Kondensatoren unter Zwischenlage einer Pertinax- oder sonstigen Isolierscheibe auf dem Gestellblech zu befestigen, da andernfalls ein Kurzschluß gegeben wäre. Der Anschluß des Minuspols erfolgt über eine Metallscheibe mit Lötfahne, die unmittelbar unter den Kondensatorbecher gelegt wird.

Kipp-Einbauschalter besitzen zum Befestigen am Chassis bzw. am Gerätegehäuse bekanntlich eine Sechskant- und eine Ringmutter, von denen die letztere vorne liegt. Es ist wenig fachgerecht, diese mit einer Flach- oder einer Kombinationszange anzuziehen, wie es leider manchmal geschieht. Die Folge davon sind unschöne Kratzer. Richtig wird ein solcher Schalter von hinten her befestigt, indem man die Sechskantmutter mit einem Maulschlüssel betätigt.

4. Leitungsführung

Sehr sauber wirkt ein Gerät, dessen Leitungen zu einem sogenannten Kabelbaum zusammengefaßt, also mit dünner Schnur gebündelt sind. Man sollte dieser Verdrahtungsweise überall dort den Vorzug geben, wo es auf die Länge der Drähte und auf Schaltkapazitäten nicht ankommt. Das trifft hauptsächlich für stabilisierte und unstabilisierte Netzgeräte sowie für Netzteile in Rundfunkempfängern und sonstigen

elektronischen Geräten zu. Baustufen, in denen Nieder- und Hochfrequenz sowie Impulsspannungen verarbeitet werden, müssen dagegen kürzestmögliche Leitungen erhalten, die zum Vermeiden störender Schaltkapazitäten einen Mindestabstand von etwa 5 mm aufweisen sollten.

Besondere Aufmerksamkeit beim Verdrahten ist der Ausführung der Masseleitung, oft auch Erdleitung genannt, zu widmen, ebenso der richtigen Wahl der verschiedenen Erdungspunkte. Die Leitung soll aus blankem, nicht zu dünnem Kupferdraht (etwa 0,8 — 1 mm ϕ) bestehen, der seinerseits nur an einer einzigen Stelle mit dem Chassis verbunden wird. Bei mehrfachem Massekontakt können sich Erdschleifen bilden. Die Leitung wird vom Eingang der Schaltung an den einzelnen Baustufen entlang bis zum Ausgang durchverlegt. Um ihr einen festen Halt zu geben, kann man sie in gewissen Abständen an Stützpunkte anlöten, die vom Chassis aber isoliert sein müssen. Beim Verdrahten des Gerätes geht man nachher so vor, daß jeweils alle Erdleitungen einer Stufe dicht nebeneinander an einen gemeinsamen Punkt der eigentlichen Masseleitung geführt werden. Das Prinzip dieser Verdrahtungsweise ist in Bild 37 in etwas idealisierter Form wieder-

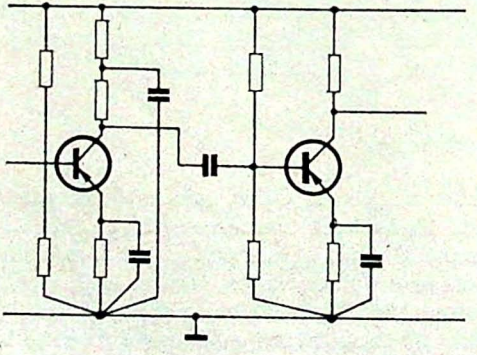


Bild 37: Zur richtigen Wahl der Erdungspunkte

gegeben. Würden die Erdleitungen einer Stufe hingegen an willkürlich gewählte Punkte des Massedrahtes angeschlossen werden, so könnten sie infolge des zwar geringen, aber nicht zu vernachlässigenden Spannungsgefälles längs der Masseleitung, das durch die in ihr fließenden Wechselströme hervorgerufen wird, verschiedenes Potential erhalten. Hierdurch würde der Steuerspannung der Stufe eine schwache Wechselspannung überlagert. Wegen der gemeinsamen Verstärkung dieser Spannungen wäre eine einwandfreie Arbeitsweise des Gerätes in Frage gestellt.

5. Erste Inbetriebnahme

Ist das Gerät fertig verdrahtet, so daß man es in Betrieb nehmen könnte, sollte man zunächst in großen Zügen kontrollieren, ob sich kein Schaltfehler eingeschlichen hat oder ob nicht eine Leitung vergessen worden ist. Eine solche Vorprüfung wird nämlich meist mit viel größerer innerer Ruhe durchgeführt als eine sich nach dem erstmaligen Einschalten als nötig erweisende Fehlersuche. So aber besteht große Wahrscheinlichkeit, daß man einen etwa vorhandenen Verdrahtungsfehler schon vorher findet.

Hat man nach der Vorprüfung den Eindruck gewonnen, daß alles in Ordnung ist, wird das Gerät eingeschaltet. Anschließend kontrolliert man mit einem Voltmeter, ob die einzelnen Versorgungsspannungen die richtigen Werte aufweisen. Ist dies der Fall, wird mit der Funktionsprüfung begonnen.

6. Funktionsprüfung

Auch dann, wenn die genannten Vorprüfungen positiv verlaufen sind oder zum Auffinden eines Fehlers geführt haben, ist es natürlich nicht unbedingt sicher, daß das Gerät gleich einwandfrei arbeitet. Um sich hierüber Gewißheit zu ver-

schaffen, muß noch die eigentliche Funktionsprüfung vorgenommen werden. Hierbei testet man es in sämtlichen Bereichen unter Überprüfung aller Einstellungen, die möglich sind. Zeigt sich jetzt noch ein Fehler, ist er durch systematische Einkreisung zu lokalisieren. Näheres hierüber findet der Leser in den beiden folgenden Abschnitten des vorliegenden Buches.

Manche Praktiker behaupten, halb ernst- und halb scherzhaft, daß ein Selbstbaugerät, welches auf Anhieb funktioniert, in den meisten Fällen noch Mängel aufweise, die es während seiner ganzen Lebensdauer beibehalte. Diese Behauptung ist selbstverständlich übertrieben, enthält aber doch etwas Wahrheit. Wenn nämlich ein Gerät sofort arbeitet, wird man sich selten die Mühe machen, es in allen Stufen gründlich zu überprüfen. Hierzu ist der Erbauer aber gezwungen, wenn der Apparat zunächst versagt. Dabei stößt er natürlich sehr wahrscheinlich auch auf einen solchen Fehler, der die Funktion des Gerätes grundsätzlich zwar nicht beeinträchtigt, jedoch dessen Leistung herabsetzt. Dieser Fehler würde sonst vielleicht nie behoben, weil man ihn einfach nicht vermutet.

D. Fehlersuche und -beseitigung an Rundfunkgeräten

1. Eingrenzen des Fehlerorts

Wohl jeder Praktiker wird gelegentlich vor die Aufgabe gestellt, ein defektes Rundfunkgerät zu reparieren. Den Hauptteil der dabei aufzuwendenden Arbeit bildet gewöhnlich das Auffinden des Fehlers; seine Beseitigung läßt sich hingegen meist verhältnismäßig schnell bewerkstelligen.

Man muß unterscheiden zwischen Empfängern, bei denen sich sogleich nach der Fertigstellung ein Fehler herausstellt, die also von Anfang an nicht „gehen", und solchen, die schad-

haft werden, nachdem sie bereits eine Zeitlang zufriedenstellend gearbeitet haben und somit erprobt sind. In beiden Fällen ist es zunächst einmal erforderlich, durch systematisches Vorgehen den Fehlerort einzugrenzen und die defekte Stufe zu ermitteln, um dann in weiterer systematischer Suche innerhalb dieser Stufe den Fehler selbst aufzufinden. Bei Geräten, die von vornherein versagen, wird zumeist ein Schaltfehler vorliegen oder ein schadhaftes Einzelteil verwendet worden sein, so daß man hier sowohl die Verdrahtung auf ihre Richtigkeit als auch die in Betracht kommenden Bauelemente (Röhren, Transistoren, Widerstände, Kondensatoren usw.) überprüfen muß. Manchmal beruht der Fehler aber auch auf ungünstiger Leitungsführung besonders im HF- oder im ZF-Teil, wodurch einzelne Stufen miteinander verkoppelt sein und unerwünscht schwingen können. Dann bleibt natürlich keine andere Wahl, als die betreffenden Verbindungsleitungen auf kürzestem Wege neu zu verlegen und nötigenfalls eine Abschirmung anzubringen. Sofern jedoch ein Empfänger bereits gearbeitet hat, wird sich die Fehlersuche im wesentlichen nur auf die Bauelemente der als schadhaft befundenen Stufe zu erstrecken brauchen.

Bei einem Netzempfänger ist der zweckmäßigste Weg, die nicht arbeitende Stufe zu ermitteln, mit der Überprüfung des Netzteils zu beginnen, um dann von der Endstufe aus, also dem Zuge des Schaltplans entgegengesetzt, in Richtung zur Eingangsstufe fortzufahren. Es ist dabei vorteilhaft, den Apparat über einen Strommesser an die Netzsteckdose anzuschließen, da man dann sofort erkennen kann, ob er überhaupt Strom aufnimmt oder ob die Stromaufnahme vielleicht zu hoch ist, weil irgendein Schluß vorliegt. Im letzteren Fall sollte der Empfänger sogleich wieder abgeschaltet werden, um eine mögliche Beschädigung weiterer Einzelteile zu verhüten. Der Schluß wird entweder im Netzteil selbst oder, wenn auch seltener, in den mit Anoden- bzw. Kollektorspan-

nung versorgten Leitungszweigen liegen. Ist die Stromaufnahme jedoch normal und sind Heiz- und Anoden- bzw. Kollektorspannung vorhanden, so kann der Stromversorgungsteil als fehlerfrei angesehen werden. Einschränkend muß allerdings noch erwähnt werden, daß starkes Netzbrummen im Lautsprecher meist ebenfalls auf den Netzteil zurückzuführen ist, denn in einem solchen Fall hat gewöhnlich die Kapazität des Lade- oder des Sieb-Elektrolyt-Kondensators nachgelassen.

Bei einem Batterieempfänger geht man in entsprechender Weise vor, wobei eben mit der Kontrolle des Batterieteils begonnen wird.

Stehen geeignete Prüf- und Meßgeräte nicht zur Verfügung, so kann die Überprüfung von End-, NF-Vor-, Audion- und Richtverstärkerstufen in einfachster Art mittels eines Schraubenziehers erfolgen. Man faßt ihn so an, daß man mit dem Zeigefinger den oberen Teil des Metallschaftes berührt, und hält ihn mit seiner Schneide an das Steuergitter der betreffenden Röhre bzw. an die Basis des Transistors. Hierbei muß sich ein mehr oder weniger kräftiger Brummton im Lautsprecher ergeben. Genauso kann die Überprüfung von ZF- und HF-Stufen vorgenommen werden. Arbeitet die Stufe, so ist beim Berühren des Gitters indessen kein Brummen, sondern ein Knacken zu hören. In Zweifelsfällen wird man kontrollieren, ob Anoden- und Schirmgitter- bzw. Kollektorspannung vorhanden sind und ob die Röhre oder der Transistor in Ordnung ist. Bei Anwendung der Prüfmethode mit Schraubenzieher in Allstromgeräten ist unbedingt darauf zu achten, daß man auf einer gut isolierenden Unterlage steht. (Es bedarf natürlich keiner Frage, daß man mit einem Signalverfolger, wie er im 2. Band beschrieben wurde, schneller und sicherer als mit dem Schraubenzieher zum Ziel kommt).

Zum Prüfen von Oszillatorstufen in den AM-Bereichen von Röhrenempfängern wird ein Mikroamperemeter mit etwa 100 — 300 µA Vollausschlag benötigt. Man schaltet es gemäß

Bild 38 zwischen das untere Ende des Gitterableitwiderstandes und Katode bzw. Masse, je nachdem, wie die Röhre geschaltet ist.Schwingt der Oszillator, so zeigt das Instrument einen Gleichstrom, den sogenannten Gitterstrom an.

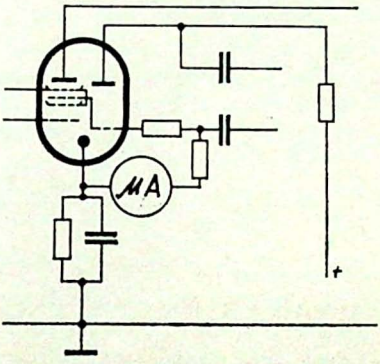


Bild 38: Prüfen von Oszillatorstufen

In Transistorgeräten benutzt man zur Funktionsprüfung von Oszillatorstufen in den AM- und FM-Bereichen ein Röhren- oder ein Transistorvoltmeter, mit dessen Tastkopf man die „heißen" Anschlüsse des Oszillator-Transistors berührt. Das Meßgerät muß hierzu in den Wechselspannungs- bzw. Hochfrequenzbereich umgeschaltet werden. Zeigt es Spannung an, so arbeitet die Stufe. Ist diese in Emitterschaltung aufgebaut, so sind die „heißen" Anschlüsse die Basis und der Kollektor, bei Basisschaltung der Emitter und der Kollektor. Die gleiche Prüfmethode kann auch bei Röhrenempfängern sowohl in den AM- als auch in den FM-Bereichen angewandt werden.

Steht ein elektronisches Voltmeter nicht zur Verfügung, so läßt sich eine Relativmessung der Schwingspannung von Oszillatorstufen auch mit einem selbstgebauten Tastkopf in Verbindung mit einem nicht zu niederohmigen Drehspulvolt-

meter durchführen. Bild 39 zeigt die Schaltung. Eine Germaniumdiode richtet die HF- bzw. die VHF-Spannung gleich. Zum Beseitigen der Restwelligkeit sind eine HF-Drossel und ein Kondensator vorgesehen. Die Drossel hat zugleich die Aufgabe, die Leitung zum Meßinstrument hochfrequenzmäßig vom Meßpunkt zu entkoppeln.

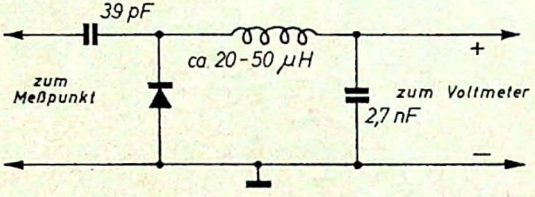


Bild 39: Tastkopf zum Messen der Schwingspannung von Oszillatorstufen

Im übrigen sei zum Thema „Fehlereinkreisung" auf die Ausführungen im 2. Band „Winke und Kniffe für Rundfunk- und Elektronik-Praktiker" verwiesen. In den Abschnitten I. B. — E. dieses Bandes wurden entsprechende Prüf- und Meßgeräte sowie ihre Anwendung beschrieben.

2. Fehler im Netzteil

Fehler im Netzteil sind in den meisten Fällen durch schadhaft gewordene Elektrolyt-Kondensatoren (Lade- und Siebkondensator) bedingt. Der Kondensatorschaden kann einmal darin bestehen, daß sich die Kapazität vermindert hat oder gar völlig erloschen ist. Wie bereits an anderer Stelle erwähnt, ist in diesem Fall die Tonwiedergabe des Empfängers von einem Netzbrummen begleitet. Oft sinkt dann auch die Anoden- bzw. die Kollektorspannung erheblich unter den Normalwert, wodurch außerdem die Empfangsleistung nachläßt. Durch versuchsweises Parallelschalten eines Prüfkondensators zu den Elektrolyt-Kondensatoren im Apparat läßt sich leicht ermitteln, welcher der beiden Kondensatoren der defekte ist.

Die zweite Möglichkeit eines Kondensatorschadens ist ein Kurzschluß zwischen den Belägen, ein sogenannter Durchschlag. Liegt ein solcher Fehler vor und spricht dabei die Apparatesicherung nicht an, so werden der Gleichrichter und bei Wechselstromgeräten auch der Netztransformator überlastet, wodurch diese Teile ebenfalls Schaden erleiden können.

Bei einem Kurzschluß im Netzteil, der an einer erhöhten Stromaufnahme aus dem Netz und manchmal auch am jedesmaligen Durchbrennen neu eingesetzter Sicherungen erkennbar ist, kann man natürlich nicht von vornherein beurteilen, ob der Fehler nun an einem Elektrolyt-Kondensator, also hinter dem Gleichrichter liegt, oder davor, entweder am Netztransformator oder an einem HF-Überbrückungskondensator. Man wird deshalb zunächst einmal die Gleichrichterröhre aus ihrer Fassung herausnehmen bzw. den Gleichrichter ablöten und danach den Apparat nochmals einschalten. Ist die Stromaufnahme jetzt normal, so kann der Schaden nur hinter dem Gleichrichter zu finden sein. Man wird dann die beiden Elektrolyt-Kondensatoren prüfen und gegebenenfalls den schadhaften gegen einen neuen austauschen.

Ist in dem betreffenden Gerät ein Doppel-Elektrolyt-Kondensator vorhanden, dessen eine Hälfte sich als noch einwandfrei erweist, so braucht nicht unbedingt der ganze Kondensator erneuert zu werden. Man kann ihn im Gerät belassen und klemmt lediglich den schadhaften Teil ab. Letzterer wird dann durch einen zusätzlich einzubauenden Einzelkondensator ersetzt.

Der zeitraubendste bzw. kostspieligste Fehler im Stromversorgungsteil ist ein defekt gewordener Netztransformator (Windungsschluß oder gar verbrannte Wicklungen). Wer eine Wickelmaschine besitzt, wird die Instandsetzung natürlich selbst vornehmen, weil er so am billigsten davonkommt. (Der Selbstbau einer solchen Maschine ist im 1. Band der vorliegenden Buchreihe beschrieben). Andernfalls beschafft man sich

einen neuen Transformator oder läßt die Reparatur von einer Spezialfirma ausführen. — Das Schadhaftwerden eines Netztransformators wird meist durch ein defekt gewordenes anderes Bauteil verursacht, zum Beispiel durch den Gleichrichter oder einen Elektrolyt-Kondensator. Man sollte deshalb vor dem Einbau des reparierten bzw. eines neuen Transformators alle in Frage kommenden Teile gründlich überprüfen, damit dieser nachher nicht ebenfalls durchbrennt. —

Vollständige Schaltungen von Röhren- und Transistor-Empfängern, auf die die Ausführungen des Abschnitts D dieses Buches bezogen werden können, sind in den Lehrmeister-Büchern Nr. 2030/32/34 „Praktisch Rundfunkbasteln", Band 1 — 3, angegeben.

3. Fehler in der Endstufe

Bei schadhafter Endstufe in einem Röhrenempfänger sollte man als erstes prüfen, ob die Lautsprecherröhre Anoden-, Schirmgitter- und Heizspannung bekommt. Fehlt die Anodenspannung, so wird mit großer Wahrscheinlichkeit die Primärwicklung des Ausgangsübertragers unterbrochen sein. In diesem Fall muß der Übertrager repariert bzw. durch einen anderen ersetzt werden. Sind jedoch sämtliche Spannungen vorhanden und ist fernerhin der Katodenwiderstand in Ordnung, liegt der Fehler wahrscheinlich an der Endröhre.

Am schnellsten kann man sich hierüber Gewißheit verschaffen, indem man eine Prüfröhre einsetzt, von der man weiß, daß sie einwandfrei ist. Ist eine solche nicht vorhanden, wird ein Röhrenprüfgerät herangezogen. Das Prüfen der Röhre kann aber auch im Empfänger selbst vorgenommen werden, der ja die dazu benötigten Spannungen liefert. Man trennt zu diesem Zweck die Anodenleitung auf, schaltet ein Milliamperemeter in den Kreis und mißt den Anodenstrom. Dieser muß je nach Röhrentype zwischen etwa 25 und 75 mA betragen,

wenn die Röhre noch ihre volle Emission besitzt. Der genaue Wert kann den Datenblättern der Herstellerfirmen oder einer Röhrentabelle entnommen werden. Bleibt der Strom aus oder ist er im Vergleich zum Sollwert klein, so ist die Röhre schadhaft oder weitgehend verbraucht und muß erneuert werden.

Zum Prüfen der Endröhre im Gerät kann man anstelle der etwas umständlichen Strommessung auch eine Spannungsmessung am Katodenwiderstand durchführen. Nimmt die Röhre Strom auf, so fließt dieser über den Katodenwiderstand und erzeugt einen Spannungsabfall daran (automatische Gittervorspannungserzeugung), der sich je nach Röhrentype etwa zwischen 6 und 12 V bewegt. Bei schwacher oder gar tauber Röhre ist deshalb am Katodenwiderstand auch nur eine geringe oder gar keine Spannung zu messen.

Ursache für eine defekt gewordene Lautsprecherröhre ist in vielen Fällen der Kopplungskondensator C, der zwischen der Anode der Vorröhre und dem Gitter der Endröhre liegt (Bild 40). Bei manchen Schaltungen führt dieser Kondensator nicht unmittelbar, sondern über einen Widerstand in der Größenordnung von 1 kΩ zum Endröhrengitter. Ist sein Isolationswiderstand zu klein geworden, so erhält das Gitter von der

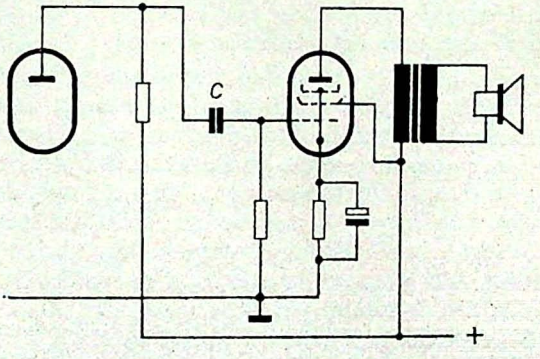


Bild 40: Kopplungskondensator in einem NF-Verstärker

Anode der Vorröhre her positives Potential, wodurch der Katodenstrom der Lautsprecherröhre unzulässig stark wächst und diese bald unbrauchbar wird. Der Kondensator braucht hierzu nicht unbedingt einen Kurzschluß aufzuweisen. Schon ein Feinschluß genügt, um die Emissionsfähigkeit der Katode im Laufe der Zeit mehr und mehr herabzusetzen. Bei Auswechseln einer schadhaften Lautsprecherröhre sollte man deshalb stets den Koppelkondensator überprüfen, wozu das im 2. Band beschriebene Kondensatorprüfgerät geeignet ist, und ihn gegebenenfalls austauschen. Man läuft sonst Gefahr, daß die neu eingesetzte Röhre ebenfalls bald unbrauchbar wird.

Als weitere mögliche Fehlerquellen in der Endstufe kommen noch der Lautsprecher und der Gitterableitwiderstand in Betracht.

Viel zu wenig Aufmerksamkeit wird oftmals dem Katodenkondensator gewidmet, der im allgemeinen ein Niedervolt-Elektrolyt-Kondensator ist. Vermindert sich im Laufe der Zeit dessen Kapazität, so geht die Leistung der Endstufe nicht unwesentlich zurück. Das Prüfen dieses Kondensators kann auf indirektem Wege dadurch erfolgen, daß man ihm probeweise einen anderen mit etwa dem gleichen Kapazitätswert parallelschaltet. Nimmt dabei die Lautstärke zu, so heißt dies, daß der Kondensator erneuert werden muß. —

In entsprechender Weise gelten die vorstehenden Ausführungen auch für Transistor-Endstufen. Die meisten davon sind im Gegensatz zu Röhren-Endstufen jedoch in sogenannter Gegentakt-B-Schaltung aufgebaut. Im Ruhezustand, also ohne niederfrequente Steuerung, führen beide Transistoren den gleichen Strom. Die Summe dieser Ströme, auch Ruhestrom genannt, beträgt je nach Dimensionierung der Schaltung etwa 10 — 30 mA. Der genaue Wert ist im allgemeinen im Schaltbild oder in den Erläuterungen dazu angegeben. Zum Einstellen des Ruhestromes auf seinen Sollwert ist ein Trimmpotentiometer vorhanden. Dieser Wert ist besonders bei Batterie-

geräten einzuhalten, da ein zu hoher Strom die Batterie vorzeitig unbrauchbar werden läßt. Gemessen wird der Ruhestrom im gemeinsamen Emitterkreis. Hierzu ist ein Strommesser mit möglichst geringem Eigenwiderstand zu benutzen, da andernfalls wegen des verhältnismäßig kleinen Emitterwiderstandes ein nicht mehr zu vernachlässigender Meßfehler entstehen würde. Läßt sich der Ruhestrom mit dem Potentiometer nicht oder nur in unzureichendem Maße verändern, so ist gewöhnlich einer der Transistoren defekt. Welcher von beiden dies ist, kann durch je eine Strommessung im Kollektorkreis festgestellt werden. Man kann die Transistoren aber auch mit dem im 2. Band beschriebenen Transistor-Tester prüfen. — Bei einer Messung der Einzelspannungen muß sich zwischen Kollektor und Emitter bzw. Masse ein hoher und zwi-

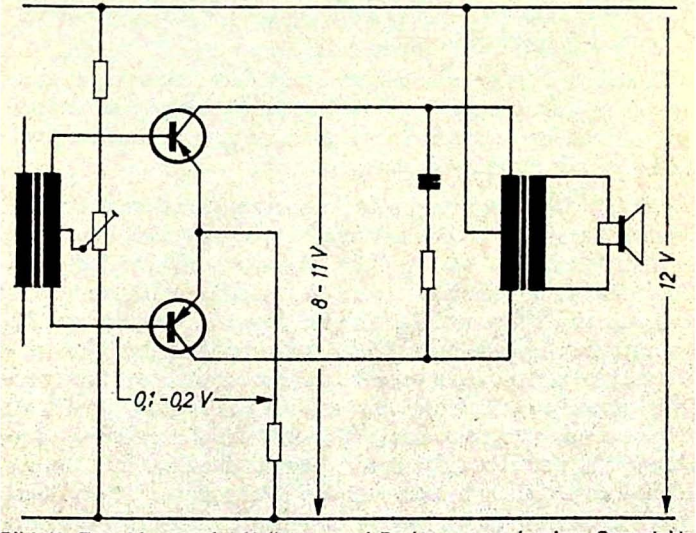


Bild 41: Zum Messen der Kollektor- und Basisspannung in einer Gegentakt-B-Endstufe

schen Basis und Emitter ein kleiner Spannungswert ergeben, wenn der Arbeitspunkt richtig eingestellt ist. Bei einer Speisespannung von beispielsweise 12 V betragen die Einzelspannungen etwa 8 — 11 und 0,1 — 0,2 V (Bild 41).

Verzerrungen in der Tonwiedergabe sind oftmals ebenfalls auf einen falschen Wert des Ruhestromes oder einen schadhaften Transistor oder beides zurückzuführen.

4. Fehler in der NF-Vorstufe

NF-Vorstufen sind schaltungstechnisch im allgemeinen verhältnismäßig einfach aufgebaut, so daß hier die Fehlersuche meist schnell vonstatten geht, zumal die zugehörige Röhre fast immer eine Triode ist und deshalb keine Schirmgitterspannung überprüft zu werden braucht.

Zunächst wird man eine Messung der Anodenspannung vornehmen. Fehlt diese Spannung, so ist entweder der Arbeitswiderstand, der vorgeschaltete Siebwiderstand oder der dazwischenliegende Siebkondenstor schadhaft.

Hat der Empfänger nicht direkt versagt, sondern ist lediglich die Tonwiedergabe von Verzerrungen begleitet, deren Ursache nicht in der Endstufe liegt, so ist anzunehmen, daß die NF-Vorröhre entweder gar keine oder aber eine falsche Gittervorspannung bekommt. Bei Vorstufen mit automatischer Gittervorspannungserzeugung sind in diesem Fall der Gitterableitwiderstand sowie der Katodenwiderstand und der Katodenkondensator zu überprüfen, bei solchen mit halbautomatischer Gittervorspannungserzeugung (Bild 42) der Gitterableitwiderstand R 1, der Siebwiderstand R 2 und der Siebkondensator C. Es kann aber auch sein, daß der Widerstand R 3, an dem die Gittervorspannung abgegriffen wird, seinen Wert verändert hat.

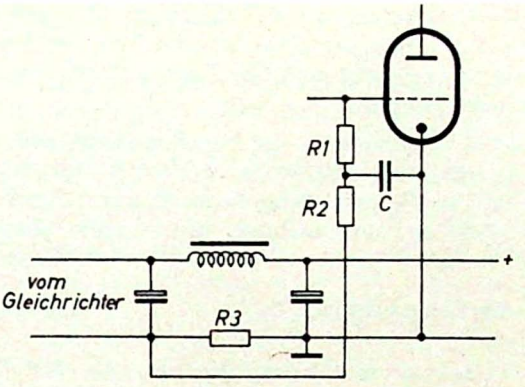


Bild 42: Halbautomatische Gittervorspannungserzeugung

Röhrenfehler treten in der NF-Vorstufe relativ selten auf, weil hier die Röhre wegen des hochohmigen Außenwiderstandes nur wenig auf Emission beansprucht wird. Trotzdem muß man selbstverständlich auch die Röhre prüfen, sofern sich der Fehler durch die oben genannten Messungen nicht ermitteln läßt.

Bei Transistorempfängern mit Gegentakt-B-Endstufe liegt zwischen der eigentlichen NF-Vorstufe und der Endstufe noch die sogenannte Treiberstufe, die man als zum Vorverstärker zugehörig ansehen kann. Hier sind zum Auffinden eines Fehlers also zwei Stufen zu überprüfen. Läßt eine Messung der Kollektor-, der Emitter- und der Basisspannung (letztere wird oft durch einen Spannungsteiler erzeugt) noch keinen Rückschluß auf die Fehlerursache zu, müssen auch die Koppelkondensatoren überprüft werden. Da diese in der Regel Niedervolt-Elektrolyt-Kondensatoren sind, darf man sie an das im 2. Band beschriebene Kondensator-Prüfgerät nicht anschließen. Geeignet ist jedoch ein Ohmmeter, dessen Zeiger kurz ausschlägt und dann in die Stellung „∞" zurückgeht, wenn der

Kondensator in Ordnung ist und richtig gepolt angeschlossen wird. Mit dem Ohmmeter „Panohm" ist über die eigentliche Funktionsprüfung hinaus auch eine Kapazitätsmessung solcher Kondensatoren möglich.

Werden alle Widerstände und Kondensatoren des Vorverstärkers als einwandfrei befunden und haben auch die vorangegangenen Spannungsmessungen zu keinem Ergebnis geführt, so bleibt als Fehlerquelle nur noch ein Transistor übrig.

5. Fehler im Demodulator

Im Demodulator sowohl des AM- als auch des FM-Teils eines Rundfunkempfängers beschränken sich die Fehlermöglichkeiten im wesentlichen auf die zugehörigen Kondensatoren und Widerstände. Man wird also durch systematisches Prüfen der in Betracht kommenden Bauteile feststellen, ob diese einwandfrei sind. Fehler an der Demodulatorröhre bzw. -Diode treten erfahrungsgemäß verhältnismäßig selten auf.

Es ist natürlich auch möglich, daß eine Verstimmung des Demodulator-Bandfilters vorliegt, derzufolge der ZF-Gleichrichter eine zu geringe Spannung erhält, so daß der Empfänger mit verminderter Leistung arbeitet. Hierüber kann man sich Gewißheit verschaffen, indem man die Abgleichkerne der Spulen verstellt. Ergibt sich hierbei keine oder nur eine geringfügige Lautstärkeänderung ohne ausgeprägtes Maximum, so dürfte der zugehörige Bandfilterkondensator seinen Kapazitätswert verändert haben. Man wird dann der betreffenden Bandfilterspule einen neuen Kondensator entsprechenden Wertes zuschalten und durch nochmaliges Drehen des Kernes versuchen, auf Lautstärkemaximum zu kommen. — Auf jeden Fall sollte man sich jedoch die ursprüngliche Einstellung des Eisenkernes merken, um diese wieder herstellen zu können, wenn sich ergeben sollte, daß keine Verstimmung vorliegt.

6. Fehler im ZF-Verstärker

Ein im ZF-Teil häufig vorkommender Fehler ist, daß der Schirmgitterkondensator einer der ZF-Verstärkerröhren einen Schluß aufweist. Hierdurch wird die Schirmgitterspannung gegen Masse kurzgeschlossen, wodurch wiederum ein erhöhter Strom über den Schirmgitterwiderstand fließt, so daß oft auch dieser beschädigt wird. Stößt man also im Empfänger auf einen angebrannten Widerstand — und zwar gilt dies für alle Stufen — so ist es nicht allein damit getan, einen neuen einzulöten. Vielmehr ist in jedem Fall außerdem zu prüfen, ob nicht der zugehörige Abblockkondensator einen Schluß besitzt. Nur so wird mit Sicherheit vermieden, daß der neu eingesetzte Widerstand gleichfalls durchbrennt.

Ganz entsprechend sind bei fehlender Anoden- bzw. Kollektorspannung die in Betracht kommenden Widerstände und Kondensatoren zu untersuchen. Manchmal liegt in diesem Fal' aber auch eine Unterbrechung an der anoden- bzw. kollektoi seitigen Bandfilterspule vor.

Hat man nach eingehender Untersuchung des ZF-Verstärkers den Eindruck gewonnen, daß ein Bandfilter verstimmt ist, so geht man in der gleichen Weise vor, wie bereits im letzten Kapitel beschrieben wurde.

Bei einem schadhaften Transistor im ZF-Verstärker ist im Lautsprecher oftmals ein starkes Rauschen hörbar, ohne daß sich Empfang ergibt.

Ist der Arbeitspunkt einer Röhre bzw. eines Transistors verschoben, so liegt dies machmal an einem Kurzschluß der Regelspannung für die automatische Verstärkungsregelung (AVR), auch Schwundregelung genannt. Die Ursache dafür ist meist ein durchgeschlagener Kondensator zur Siebung dieser Spannung.

7. Fehler in der Oszillator- und Mischstufe

Bei nicht arbeitender Oszillator- und Mischstufe sollte man sich zunächst überzeugen, ob der Oszillatorteil noch schwingt. Über die Art und Weise, in der dies geschehen kann, wurde bereits im 1. Kapitel dieses Abschnitts gesprochen. Läßt sich keine Schwingspannung nachweisen, wird geprüft, ob die Oszillatoranode Spannung bekommt, denn möglicherweise liegt der Fehler lediglich daran, daß der Anodenwiderstand schadhaft geworden oder die im Anodenkreis liegende Spulenwicklung unterbrochen ist. In entsprechender Weise gelten diese Gesichtspunkte auch für Transistorempfänger. Der nächste Schritt ist, die Röhre bzw. den Transistor einer Überprüfung zu unterziehen. Hierzu muß allerdings bemerkt werden, daß das statische Prüfen einer Oszillatorröhre mit einem der üblichen Röhrenmeßgeräte noch keine absolut eindeutige Aussage über ihre Brauchbarkeit zuläßt. Es gibt Fälle, in denen das Oszillatorsystem statisch zwar für einwandfrei befunden wird, trotzdem aber im Empfänger nicht schwingt. Sicherer ist es daher, in den Apparat probeweise eine andere Röhre der betreffenden Type einzusetzen, sofern eine solche zur Verfügung steht.

Daraufhin wird man den Gitter- bzw. den Basis- oder Emitterkondensator der Schwingschaltung untersuchen oder besser noch ihn versuchsweise durch einen anderen ersetzen. Besonders Glimmerkondensatoren verlieren nämlich manchmal an Kapazität, wodurch dann die Schwingungen abreißen.

Zeigt sich hiernach immer noch kein Ergebnis, so dürfte der Fehler am Drucktastensatz für die Wellenbereichsumschaltung (mangelhafte Kontaktgabe) oder aber an der gitterseitigen Spulenwicklung bzw. an den Schwingkreiskondensatoren zu finden sein. Schlechte Kontaktgabe im Drucktastenaggregat läßt sich fast immer durch Einsprühen der Kontakte mit einem der handelsüblichen Kontaktreinigungsmittel beheben.

Wenn jedoch der Oszillator einwandfrei schwingt und sich trotzdem kein oder nur unbefriedigender Empfang ergibt, wird man sein Augenmerk auf die Austrittsseite der Zwischenfrequenz und die Eingangsseite der Hochfrequenz richten. Hier sind vor allem die Anoden- und die Schirmgitterspannung zu messen und der Gitterableitwiderstand sowie die Kondensatoren und Widerstände in der Regelleitung zu prüfen.

8. Fehler im HF-Teil

Im Hochfrequenzteil hat man zu unterscheiden zwischen Rundfunkapparaten ohne und mit HF-Vorstufe. Bei Empfängern der erstgenannten Art besteht der HF-Teil lediglich aus dem Antennen- und Gitterkreis einschließlich Drehkondensator und Wellenschalter. Die Fehlersuche braucht sich daher im wesentlichen nur auf diese Teile sowie auf die zugehörigen Verbindungsleitungen zu erstrecken. Mitunter liegt auch eine Verstimmung des Gitterkreises vor; dann müssen eben die Spulen und die Trimmkondensatoren neu abgeglichen werden.

Bei Empfängern mit Vorstufe kommen als weitere mögliche Fehlerquellen die Vorröhre bzw. der Vorstufentransistor selbst und die zugehörigen Widerstände, Kondensatoren und Spulen in Betracht. In ihrer grundsätzlichen Schaltungsweise unterscheidet sich eine solche Stufe nur wenig von einer ZF-Verstärkerstufe, so daß man bei der Fehlersuche etwa in der gleichen Art wie im ZF-Teil vorgehen kann.

9. Nachstimmen von Rundfunkgeräten

Hat die Leistung eines Rundfunkgerätes aus Gründen nachgelassen, die trotz sorgfältiger Spannungs- und Strommessungen unerkennbar bleiben, und bringt auch der Neuabgleich eines einzelnen verdächtigen Schwingkreises nur geringen Erfolg, so ist anzunehmen, daß eine Verstimmung mehrerer Kreise vorliegt. In einem solchen Fall ist es erforderlich, den

gesamten Empfänger nachzustimmen. Man geht dabei in Rückwärts-Reihenfolge vor, beginnt also bei einem Super am diodenseitigen Bandfilterkreis und hört am Eingangs-HF-Kreis auf. Über das Abgleichen selbst braucht an dieser Stelle nicht weiter gesprochen zu werden, da die Art und Weise, in der diese Arbeit zu erfolgen hat, durch die Lehrmeister-Bücher Nr. 2032 und 2034 „Praktisch Rundfunkbasteln", Band 2 und 3, beim Leser als bekannt vorausgesetzt werden kann. Beschreibungen von Hilfsmitteln für den Empfängerabgleich sind im 2. Band der Buchreihe „Winke und Kniffe für Rundfunk- und Elektronik-Praktiker" enthalten.

10. Reparaturen an Batterieempfängern

In der Mehrzahl aller Fälle ist ein Ausbleiben bzw. eine Verschlechterung des Empfangs bei batteriebetriebenen Geräten auf ein Absinken der Batteriespannung zurückzuführen. Man sollte deshalb zunächst prüfen, ob die Betriebsspannung noch ihren vorgeschriebenen Wert besitzt. Hierbei ist aber zu beachten, daß eine solche Spannungsmessung bei eingeschaltetem Gerät erfolgen muß, damit man die Klemmen- und nicht die Leerlaufspannung mißt. Ist die Spannung um etwa 20 — 25% gesunken, so sind die Batterien zu erneuern. Heizbatterien für Röhrenempfänger müssen dagegen schon bei einem Spannungsrückgang um 15% ausgetauscht werden.

Im übrigen gelten für die Fehlersuche und -beseitigung an Batteriegeräten die gleichen Gesichtspunkte wie bei Netzempfängern.

E. Instandsetzung elektronischer Geräte

1. Allgemeines

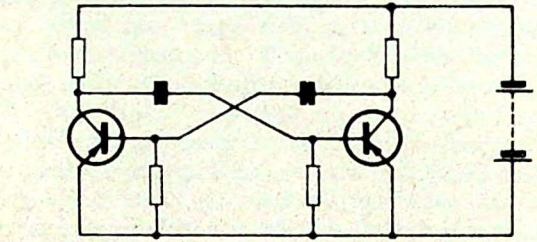
Obwohl Rundfunkempfänger letzten Endes ebenfalls elektronische Geräte sind, wird in vorliegendem und in den vorangegangenen Bänden zwischen diesen Gerätegruppen ein Trennungsstrich gezogen. Das mag vom Begriff her vielleicht nicht ganz korrekt sein, doch erwies es sich einfach aus dem Grunde als zweckmäßig und notwendig, um eine klar umgrenzte Unterscheidung zu schaffen. Der Leser mag hierbei bedenken, daß es zwar den Oberbegriff „Elektronik" und den Unterbegriff „Rundfunkempfangstechnik" gibt, nicht jedoch einen weiteren Unterbegriff, der dasjenige Teilgebiet der Elektronik erfaßt, das außerhalb der Rundfunkempfangstechnik liegt.

Bei der Fehlerbestimmung an Radioempfängern orientiert man sich an einer geraden Linie, die vom Ausgang zum Eingang oder umgekehrt verläuft, je nachdem, ob man das Prinzip der Signalzuführung oder das der Signalverfolgung anwendet. Diese Art, einen Fehler aufzufinden, ist hier nicht nur möglich, sondern auch notwendig. Sie ergibt sich aus dem grundsätzlichen Aufbau eines Rundfunkgerätes und hat den Vorteil, nach einem festliegenden Schema zu verlaufen.

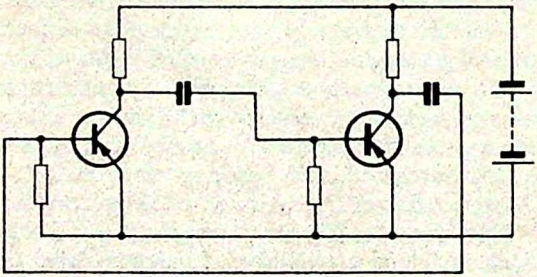
Elektronische Geräte hingegen sind in vielen Fällen so aufgebaut, daß man von einem „Eingang" und einem „Ausgang" gar nicht sprechen kann. Ursache und Wirkung der einzelnen Funktionen vollziehen sich nicht entlang einer geraden Linie, sondern, bildlich gesprochen, entlang eines in sich geschlossenen Kreises. Dieser Kreis muß oftmals zunächst aufgetrennt werden, um die Vorgänge innerhalb des Gerätes beobachten und verfolgen zu können. Ungünstig dabei ist jedoch, daß durch die Trennung ein Eingriff unternommen wird, der den Funktionsablauf unterbricht, womit völlig andere Verhältnisse geschaffen werden. Dies trifft zum Beispiel für elek-

tronisch stabilisierte Netzgeräte und für selbstschwingende Multivibratoren zu. Erstere enthalten zum Stabilisieren einen sogenannten Regelkreis. Bei den letzteren ist der Kreislauf zwar nicht so offensichtlich als solcher erkennbar, wenn man die übliche Schaltung betrachtet (Bild 43a). Zeichnet man die Schaltung jedoch um, wird er sofort deutlich (Bild 43b).

In den folgenden Kapiteln wird nun behandelt, welche Fehler an elektronischen Geräten hauptsächlich auftreten können und wie sie sich auswirken.



a



b

Bild 43: Multivibratorschaltung in üblicher und in umgezeichneter Darstellung

2. Fehler an stabilisierten Netzgeräten

Mit Bild 20 wurde der Schaltplan eines einfachen elektronisch stabilisierten Netzgerätes wiedergegeben, an Hand dessen jetzt über mögliche Fehler gesprochen werden soll.

Ist am Ausgang des Gerätes keine Spannung zu messen, so wird man prüfen, ob der Ladekondensator Spannung führt. Ist dies nicht der Fall, so liegt die Sache einfach. Es kann dann nur an den Gleichrichtern, am Netztransformator oder an den Zuleitungen dorthin (einschließlich Netzschalter und -Sicherung) ein Fehler bzw. eine Unterbrechung vorhanden sein. Ist am Ladekondensator jedoch Spannung zu messen (die natürlich höher als 12 V sein muß, und zwar etwa doppelt so hoch), so gibt es verschiedene Möglichkeiten. Die wahrscheinlichste ist, daß der Längstransistor AD 130 in seiner Kollektor-Emitter-Strecke eine Unterbrechung aufweist. Man wird daher zunächst diesen Transistor auf seine Brauchbarkeit hin überprüfen. Wird er als einwandfrei befunden, so kann im Trar sistor AC 153 eine Unterbrechung der Kollektor-Emitte Strecke vorliegen. In diesem Fall würde nämlich die Basis d Transistors AD 130 über den 1,2-kΩ-Widerstand ein so hohes positives Potential erhalten, daß er praktisch völlig gesperrt wäre.

Ist indessen der AC 153 ebenfalls in Ordnung, so dürfte dies auch für den Transistor AC 151 zutreffen. Hätte nämlich dieser einen Fehler — Unterbrechung oder Kurzschluß der Emitter-Kollektor-Strecke — so könnte hierdurch die Ausgangsspannung nicht zu null werden, wovon ja ausgegangen wurde. Bei einer Unterbrechung würden über den 2,5-kΩ-Widerstand der AC 153 und der AD 130 weit geöffnet sein. Läge ein Kurzschluß vor, so würde zwar die Basis des AC 153 auf dem Anodenpotential der Zenerdiode liegen. Das würde aber noch keine völlige Sperrung des AC 153 und damit auch keine des AD 130 bedeuten. Der Fehler kann deshalb nur noch auf die

Zenerdiode nebst Vorwiderstand oder auf das Potentiometer für die Spannungseinstellung zurückzuführen sein.

Eine andere Möglichkeit ist, daß am Ausgang eine zu hohe Spannung gemessen wird, etwa die gleiche, die am Ladekondensator anliegt. In diesem Fall weist wahrscheinlich der AD 130 oder der AC 153 einen Kurzschluß in der Emitter-Kollektor-Strecke auf. Es kann aber auch die Zenerdiode oder das Potentiometer schadhaft sein.

Zwischen diesen beiden Extremfällen — keine oder zu hohe Ausgangsspannung — sind natürlich noch andere Auswirkungen eines defekten Bauteiles denkbar. Ist zwar Ausgangsspannung vorhanden, die jedoch zu niedrig liegt und sich auch durch Veränderung der Potentiometereinstellung nicht steigern läßt, so kann einer der drei Transistoren schadhaft sein. Welcher dies gegebenenfalls ist, läßt sich verhältnismäßig leicht mit einem nicht zu niederohmigen Voltmeter feststellen. Man schaltet es mit seinem Plusanschluß an die Plusleitung des Gerätes und mit seinem Minusanschluß an den Kollektor des AC 151, lötet jedoch zuvor den Basisanschluß des AC 153 ab und verbindet ihn über einen Widerstand von etwa 5 kΩ mit dem Minuspol des Ladekondensators. Ohne diesen Widerstand würden nämlich der AC 153 und der AD 130 sperren. Sodann verändert man die Einstellung des Trimmpotentiometers. Bei Bewegen des Schleifers nach „oben" zu, also in Richtung zur Minus-Ausgangsleitung, muß die vom Instrument angezeigte Spannung abnehmen, im umgekehrten Fall zunehmen, wenn der AC 151 und das Potentiometer in Ordnung sind. Danach prüft man den Transistor AC 153, wozu man den Widerstand von ca. 5 kΩ entfernt und die Basis wieder an den Kollektor des AC 151 anlötet. Das Voltmeter wird jetzt an die Plusleitung und an den Emitter des AC 153 angeschlossen. Der Basisanschluß des AD 130 ist hierbei abzulöten und über einen Widerstand von etwa 1 — 3 kΩ mit dem Minuspol des Ladekondensators zu verbinden. Bei Verände-

rung der Potentiometereinstellung muß sich wiederum eine Spannungsänderung ergeben. Ist dies der Fall, so hat der AD 130 einen Defekt.

Bei jeder der zuletzt genannten Messungen wird also der Regelkreis, der vom Potentiometerschleifer über den AC 151, den AC 153, den AD 130 und über den im Schaltbild oben liegenden Potentiometeranschluß zurück zum Schleifer verläuft, unterbrochen, was auf einen Eingriff in die Schaltung hinausläuft.

3. Fehler an Generatoren

Wenn beispielsweise ein Multivibrator wie in Bild 26, der zum Erzeugen von Rechteckschwingungen dient, nicht schwingt, so kommt man meist am schnellsten zum Ziel, indem man zunächst die beiden Transistoren prüft oder sie versuchsweise jeweils durch einen neuen ersetzt. Dies darf natürlich nicht gleichzeitig, sondern muß nacheinander geschehen, da man sonst bei einem Fehler daran immer noch nicht wüßte, welcher der Transistoren der defekte ist.

Sind die Transistoren in Ordnung, so wird man die Widerstände überprüfen. Soll dies mit einem Ohmmeter geschehen, ist es notwendig, sie einseitig abzulöten. Andernfalls wären Fehlmessungen durch Nebenschlüsse möglich. Sollen die Widerstände zunächst nur auf Durchgang geprüft werden, ohne ihren Wert zu ermitteln, ist ein Ablöten nicht erforderlich. Man schließt dazu ein Voltmeter mit seinem Plusanschluß an die Plusleitung an und tastet mit seinem zweiten Pol die im Schaltbild nach unten zeigenden Widerstandsanschlüsse ab, wobei man von den oberen Widerständen ausgeht. Derjenige Widerstand, hinter dem keine Spannung zu messen ist, weist eine Unterbrechung auf. Natürlich muß man berücksichtigen, daß der Meßwert um so kleiner wird, je weiter man beim Abtasten nach unten kommt. Die letztere Methode ist zwar

nicht so exakt wie das Prüfen mit einem Ohmmeter, doch läßt sie bei einer Widerstandsunterbrechung den Fehler viel schneller erkennen, weil eben das zeitraubende Ab- und Wiederanlöten entfällt. Zum Schluß werden die Kondensatoren geprüft.

Bei einem Sperrschwinger, der von Anfang an nicht arbeitet, wird man zunächst prüfen, ob der Übertrager richtig gepolt angeschlossen ist. Dies geschieht in einfachster Weise dadurch, daß man bei einer der Wicklungen versuchsweise die Anschlüsse vertauscht (Wicklung w 1 oder w 2 in Bild 27). Sodann überzeugt man sich, ob die Wicklungen elektrischen Durchgang haben. Bei den kleinen Durchmessern der verwendeten Lackdrähte kann es nämlich leicht vorkommen, daß eines der Drähtchen versehentlich abgerissen wird. Läßt sich am Übertrager kein Fehler erkennen, so werden in bekannter Weise der Transistor, die Widerstände, der Kondensator und die Diode überprüft. In den meisten Fällen wird dann eines dieser Bauteile schadhaft sein. Kann man jedoch auch hier keinen Defekt feststellen, so dürfte der Übertrager Windungsschluß haben. Ein solcher Fehler ist direkt leider schwer nachweisbar. Es bleibt deshalb nur übrig, daß man den Übertrager neu wickelt, wobei sorgfältig darauf zu achten ist, daß die Lackisolation der Drähte nicht beschädigt wird. Die einzelnen Wicklungen sollten zusätzlich durch Einlegen von Ölpapier — notfalls auch Seidenpapier — voneinander isoliert werden. Danach wird der Übertrager nochmals ausprobiert.

Bei einem Sperrschwinger, der bereits gearbeitet hatte und dann defekt wurde, kann ebenfalls ein Windungsschluß im Übertrager vorliegen, wenn dieser nicht mit der erforderlichen Sorgfalt gewickelt worden ist. Dann waren zunächst vielleicht nur die Voraussetzungen für einen Durchschlag gegeben, während der Schluß selbst erst später eintrat.

4. Fehler an Zeitgebern

Blinkschaltungen wie die in Bild 23 wiedergegebene stellen selbstschwingende Multivibratoren dar, die aber im Gegensatz zu den meist gebräuchlichen Multivibratoren unsymmetrisch aufgebaut sind, so daß sich für die beiden Tansistoren unterschiedliche Sperr- und Öffnungszeiten ergeben. Obwohl sie also im Grunde ebenfalls Generatoren sind — die niedrige Schaltfrequenz ändert daran nichts — zählt man sie jedoch richtiger zu den Zeitgebern. Das Aufsuchen eines Fehlers geschieht indessen nach dem gleichen Prinzip, wie bereits im letzten Kapitel für den Multivibrator angegeben.

Wenn eine Zeitgeberschaltung wie die in Bild 28 gezeigte nicht arbeitet, wird man sein Augenmerk zunächst auf den Ladekondensator richten. Weist dieser nämlich nur einen geringfügigen Isolationsfehler auf, so kann er sich des hochohmigen Vorwiderstandes wegen nicht mehr auf denjenigen Spannungswert aufladen, der zum Umkippen der Schaltung in den leitenden Zustand erforderlich ist. Besitzt der Kondensator keinen Fehler, werden in bekannter Weise die übrigen Bauteile geprüft.

Bei Ausfall einer Zweizeitengeber-Schaltung gemäß Bild 29 wird man mit einer Prüfung der beiden zeitbestimmenden Elektrolyt-Kondensatoren zu je 500 µF und des 2-µF-Beruhigungskondensators beginnen. Die Ursache für einen Zeitfehler kann nur eine Wertveränderung der 500-µF-Kondensatoren sowie der zugehörigen Potentiometer und Widerstände sein.

5. Fehler an Lichtschranken

Zur Fehlerbestimmung an einer Lichtschranke gemäß Bild 30 ersetzt man die Fotodiode durch ein Potentiometer von etwa 100 kΩ, das als veränderbarer Widerstand geschaltet wird. Spricht das Relais bei Veränderung der Potentiometer-

einstellung zwischen dem Minimal- und dem Maximalwert an, so besagt dies, daß die Fotodiode defekt ist. Ein solcher Fehler tritt jedoch verhältnismäßig selten auf, weil Fotodioden im Betrieb praktisch keiner Belastung ausgesetzt sind.

Zur weiteren Fehlersuche beläßt man das Potentiometer in der Schaltung und schließt an den Nullpunkt und an die Basis des ersten Transistors ein hochohmiges Voltmeter an. Bei Drehung der Potentiometerachse muß die gemessene Spannung ihren Wert verändern. Danach führt man eine Messung zwischen Null und dem Emitter des ersten Transistors aus. Auch hier muß eine stetige Spannungsänderung zu beobachten sein, wenn man die Einstellung des Potentiometers variiert. An den Kollektoren des zweiten und des dritten Transistors ergeben sich bei Betätigen des Potentiometers plötzliche Spannungssprünge entgegengesetzter Richtung, wenn die Schaltung bis hierher einwandfrei arbeitet. Der gleiche Spannungssprung wie am Kollektor des dritten Transistors, jedoch im Potential um die Zenerspannung der ZG 5,6 tiefer liegend, muß auch an der Basis des vierten Transistors auftreten.

Mit dieser Methode kommt man also systematisch und Schritt für Schritt der schadhaften Stufe näher. Ist auch am Kollektor des vierten Transistors ein Spannungssprung zu messen (etwa zwischen 0,5 und 12 V), ohne daß das Relais anspricht, so kann nur das Relais selbst oder die parallel zu dessen Wicklung liegende Diode schadhaft sein.

6. Fehler an Spannungswandlern

Wenn ein batteriebetriebener Spannungswandler eine zu geringe oder überhaupt keine Spannung mehr abgibt, sollte man zunächst prüfen, ob die Batterie unter Belastung noch ihre Sollspannung aufweist.

Ein anderer, bei Spannungswandlern verhältnismäßig häufig auftretender Fehler ist, daß der hinter dem Gleichrichter lie-

gende Ladekondensator keinen genügend großen Isolationswiderstand mehr besitzt. Dies trifft insbesondere für Spannungswandler zu, die einem Fotoblitzgerät zugehören. Hier ist der Ladekondensator stets ein Elektrolyt-Kondensator. Solche Kondensatoren neigen bekanntlich mehr als statische Kondensatoren dazu, „leck" zu werden.

Sind sowohl der Ladekondensator als auch die übrigen Kondensatoren, die Widerstände und die Transistoren einwandfrei, so kann der Fehler nur an einer Unterbrechung bzw. an einem Windungsschluß des Übertragers liegen. Es bleibt dann nichts anderes übrig, als ihn neu zu wickeln. Voraussetzung ist natürlich, daß der Spannungswandler bereits gearbeitet hatte, womit gewährleistet ist, daß die Übertrageranschlüsse richtige Polung aufweisen.

Es ist möglich, daß einige der in diesem Buch genannten Typen von Halbleiter-Bauelementen nicht mehr überall erhältlich sind. Es werden deshalb nachstehend geeignete Ersatztypen angegeben:

Im Buch genannte Typen	Ersatztypen
2 N 2064 A	AD 132
2 N 2894	BC 160
AD 167	AD 132
ASY 14	BC 160
BSY 40	BC 160
BSY 73	BSY 52, BSY 53, BSY 54
BSY 74	BSY 52, BSY 53, BSY 54
BSY 78	BSY 52, BSY 53, BSY 54
OC 304/2	AC 122, AC 151, BC 160
OC 305/2	AC 122, AC 151, BC 160
OC 307 III	AC 122, AC 151, BC 160
OC 469	AC 122, AC 151, BC 160

F. Anhang

1. Elektrische und magnetische Maßeinheiten

Größe	Formelzeichen	Maßeinheit	Beziehung
Elektrische Ladung	Q	Amperesekunde (As)	$Q = U \cdot C$
Strom	I	Ampere (A)	$I = \frac{U}{R}$
Spannung	U	Volt (V)	$U = I \cdot R$
Elektromotorische Kraft	E	Volt (V)	$E = I \cdot (R + R_i)$
Widerstand	R	Ohm (Ω)	$R = \frac{U}{I}$
Leitwert	G	Siemens (S)	$G = \frac{1}{R}$
Spezifischer Widerstand	ϱ	$\Omega \cdot mm^2/m$	$\varrho = \frac{1}{\varkappa}$
Leitfähigkeit	$\varkappa$	$S \cdot m/mm^2$	$\varkappa = \frac{1}{\varrho}$
Elektrische Leistung	P	Watt (W)	$P = U \cdot I$
Elektrische Arbeit	A	Wattsekunde (Ws)	$A = P \cdot t$
Kapazität	C	Farad (F)	$C = \frac{Q}{U}$
Elektrische Feldstärke	$\mathfrak{E}$	V/cm	$\mathfrak{E} = \frac{U}{a}$
Elektrische Felddichte	$\mathfrak{D}$	As/cm^2	$\mathfrak{D} = \frac{Q}{A}$
Dielektrizitäts-konstante	ε	F/cm	$\varepsilon = \frac{C}{a}$
Magnetische Feldstärke	$\mathfrak{H}$	Ampere (Windungs-zahl)/cm (A/cm)	$\mathfrak{H} = \frac{I \cdot (N)}{l}$
Magnetische Induktion	$\mathfrak{B}$	Gauß (G)	$\mathfrak{B} = \frac{\mu \cdot \mathfrak{H} \cdot 10^{-8}}{0{,}796}$
Magnetischer Fluß	Φ	Maxwell (M)	$\Phi = \mathfrak{B} \cdot A$
Frequenz	f	Hertz (Hz)	$f = \frac{1}{T}$
Induktivität	L	Henry (H)	$L = \frac{U \cdot t}{I}$
Wellenlänge	λ	Meter (m)	$\lambda = \frac{c}{f}$
Zeitkonstante	τ	Sekunde (s)	$\tau = R \cdot C$

2. Zahlenabkürzungen

p	(Pico)	$= 10^{-12} =$	0,000 000 000 001	= Billionstel
n	(Nano)	$= 10^{-9} =$	0,000 000 001	= Milliardestel
µ	(Mikro)	$= 10^{-6} =$	0,000 001	= Millionstel
m	(Milli)	$= 10^{-3} =$	0,001	= Tausendstel
c	(Zenti)	$= 10^{-2} =$	0,01	= Hundertstel
d	(Dezi)	$= 10^{-1} =$	0,1	= Zehntel
D	(Deka)	$= 10^{1} =$	10	= Zehn
h	(Hekto)	$= 10^{2} =$	100	= Hundert
k	(Kilo)	$= 10^{3} =$	1 000	= Tausend
M	(Mega)	$= 10^{6} =$	1 000 000	= Million
G	(Giga)	$= 10^{9} =$	1 000 000 000	= Milliarde
T	(Tera)	$= 10^{12} =$	1 000 000 000 000	= Billion

3. Spezifischer Widerstand, Leitfähigkeit und Temperaturkoeffizient von Leitern (bezogen auf 20° C)

	ϱ ($\Omega \cdot mm^2/m$)	χ ($S \cdot m/mm^2$)	α (1/° C)
Aluminium	0,028	35,7	+ 0,0 038
Blei	0,22	4,6	+ 0,0 041
Chromnickel	1,1	0,91	+ 0,0 001
Eisen	0,1	10	+ 0,005
Gold	0,024	42	+ 0,004
Konstantan	0,5	2	— 0,00 003
Kupfer	0,0 176	57	+ 0,00 395
Messing	0,075	13,3	+ 0,0 015
Nickel	0,07	14,3	+ 0,006
Nickelin	0,43	2,3	+ 0,00 023
Platin	0,11	9,1	+ 0,004
Quecksilber	0,958	1,04	+ 0,0 009
Silber	0,016	62,5	+ 0,004
Wolfram	0,055	18,2	+ 0,0 048
Zink	0,06	16,7	+ 0,0 042
Zinn	0,11	9,1	+ 0,0 046

4. Dielektrische Eigenschaften keramischer Massen

Werkstoff (Handelsbezeichnung)	Kennfarbpunkt	Dielektrizitätskonstante ε	TK c in $10^{-6}/°C$ (Mittelwert)	tg δ in 10^{-3} bei 1 MHz und 20° C
P 100	gold	14	+ 100	0,3
P 33	grau	20	+ 33	0,3
NP 0	schwarz	24	± 0	0,4
N 33	braun	29	— 33	0,4
N 47	dunkelrot	29	— 47	0,4
N 75	hellrot	32	— 75	0,4
N 110	hellgrün	32	— 110	0,4
N 150	orange	36	— 150	0,4
N 220	gelb	41	— 220	0,5
N 330	dunkelgrün	43	— 330	0,5
N 470	hellblau	53	— 470	0,5
N 750	violett	90	— 750	0,4
N 1500	dunkelblau	120	— 1500	0,6
R 2000	—	2200	nicht linear	20
R 4000	—	4000	nicht linear	20

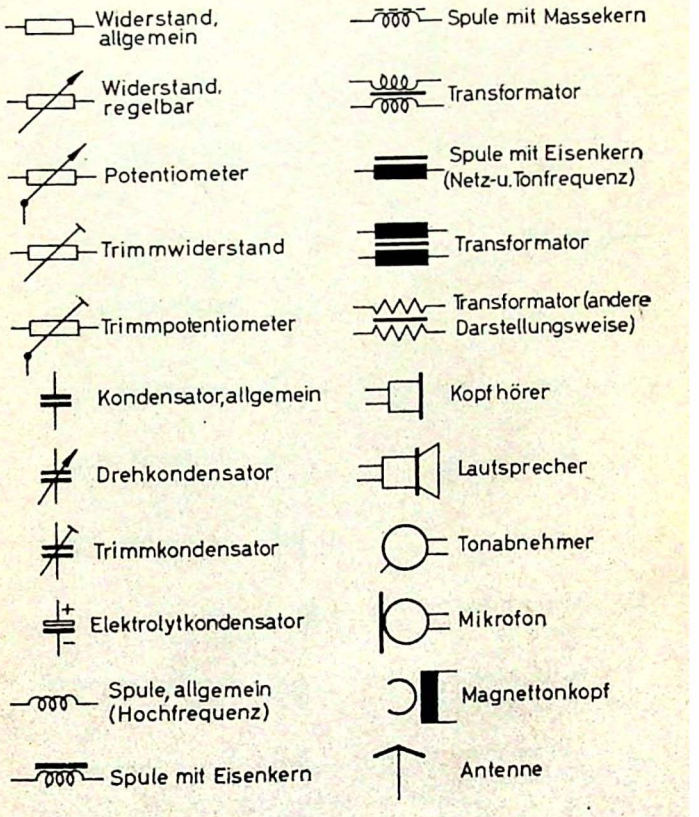
5. Permeabilität magnetischer Werkstoffe

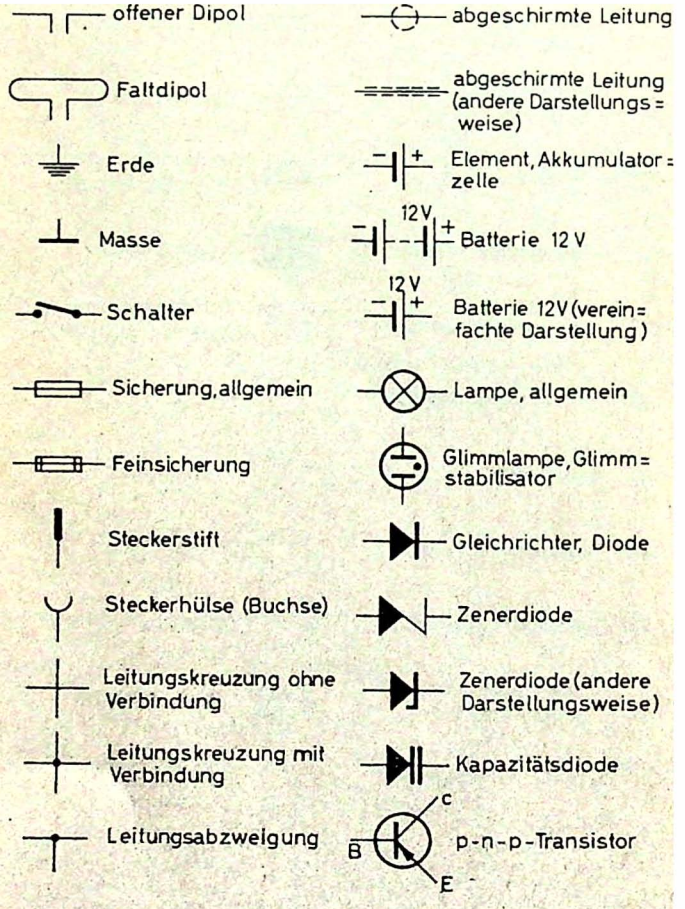
Werkstoff	Permeabilität μ
Massekernwerkstoffe	5 — 70
Ferrite	1000 — 3000
Dynamobleche	400 — 11 000
Mumetall	70 000
Permalloy	80 000
Ultraperm	100 000
Supermalloy	100 000

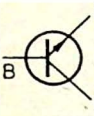
6. Die deutschen Rundfunk- und Fernseh-Frequenzbereiche

Bereich		Frequenzband	Wellenband	Kanalbreite	Bemerkungen
Langwellen		150—285 kHz	2000—1050 m	je 9 kHz	Rundfunk
Mittelwellen		535—1605 kHz	560—189 m	je 9 kHz	Rundfunk
Kurzwellen		6—21,45 MHz	50—14 m	je 9 kHz	Rundfunk
Ultrakurzwellen (VHF)	Bd. I	41—68 MHz	7,32—4,41 m	Kanal 1 : 6 MHz Kanal 2—4: je 7 MHz	Fernsehkanäle 1—4
	Bd. II	87,5—100 MHz	3,43—3 m	je 300 kHz	UKW-Rundfunk
	Bd. III	174—223 MHz	1,73—1,35 m	je 7 MHz	Fernsehkanäle 5—11
Dezimeterwellen (UHF)		470—785 MHz	64—38,2 cm	je 7 MHz	Fernsehkanäle 12—56

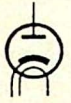
7. Schaltzeichen




offener Dipol
Faltdipol
Erde
Masse
Schalter
Sicherung, allgemein
Feinsicherung
Steckerstift
Steckerhülse (Buchse)
Leitungskreuzung ohne Verbindung
Leitungskreuzung mit Verbindung
Leitungsabzweigung
abgeschirmte Leitung
abgeschirmte Leitung (andere Darstellungsweise)
Element, Akkumulatorzelle
12V
Batterie 12 V
12V
Batterie 12V (vereinfachte Darstellung)
Lampe, allgemein
Glimmlampe, Glimmstabilisator
Gleichrichter, Diode
Zenerdiode
Zenerdiode (andere Darstellungsweise)
Kapazitätsdiode
C
B
E
p-n-p-Transistor



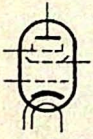
n-p-n-Transistor



Zweipolröhre (Diode), indirekt geheizt

Doppel-Zweipolröhre, (Duodiode), direkt geheizt

Dreipolröhre (Triode), indirekt geheizt



Fünfpolröhre (Pentode), indirekt geheizt

Dreipol-Siebenpolröhre (Triode-Heptode), indirekt geheizt

Abstimm-Anzeigeröhre (Magisches Auge)

Stromtor (Thyratron)

Fotozelle

Fotowiderstand

Heißleiter

Überspannungs-ableiter

Funkenstrecke

Relais, allgemein

Schwingquarz

Wecker, Summer

Thermoelement

Verstärker

Die Lehrmeister-Bücherei

LB 2015

bietet nützliche Anregungen zur Gestaltung der vielfältigsten Liebhabereien in folgenden Sachgebieten:

Allgemeine Wissensgebiete
Aquarienkunde
Autofahren
Basteln
Bauen und Heimwerken
Bienenzucht
Blumen
Häusliche Ratschläge
Elektrotechnik
Farbfernsehen
Segelflugsport
Gartenpflege
Gemüsebau
Geflügel- und Kleintiere
Hunde
Karten- und Gesellschaftsspiele
Obstbau
Pilze
Rundfunktechnik
Rudersport
Schach
Sport
Terrarienkunde
Tiere, verschiedene
Transistortechnik
Vögel
Zierfische

Ein ausführliches Gesamtverzeichnis mit fast 300 Buchtiteln informiert Sie über alle lieferbaren Bücher. Fordern Sie dieses Verzeichnis bitte direkt bei uns an.

Philler Verlag
495 Minden · Postfach